

Major Gyöngyi

A gazdaság fraktál jellegű szervülésének lehetősége az élő univerzumban

A növekedés mindenhatósága (?)

Különös módon egyre jobban felhívja magára a figyelmet úgy a közgazdász szakmán belül, mint a társadalom irányába folyó kommunikációban egy belső ellentmondás. Az 1990-es évek elejétől a közgazdászok nagy része paradox módon még az ökológiai problémákra is a gazdasági növekedést kínálja gyógyírként.¹¹² „Most a gazdasági növekedés új korszákára van szükség. Olyan növekedésre, amely erőteljes, ugyanakkor társadalmilag és környezetileg egyaránt fenntartható ... olyan növekedésre, amely anélkül elégíti ki a jelen szükségleteit, hogy veszélybe sodorná a jövő generációk képességét saját szükségleteik kielégítésére.”¹¹³ Ugyanakkor mindenki által ismert tény, hogy egyrészt a gazdaság már jelenlegi méretével is folyamatos ökológiai veszélyforrás, másrészt legalább a II. világháború óta lényegében tanult (társadalmi) szükségleteket elégít ki.¹¹⁴ Ennek az ellentmondásnak talán kissé durva, de legalább érzékletes megfogalmazása a következőképpen hangzik: Ugyan minek kellene növekednie annak a gazdaságnak, amelyik egyébként is túlnyomó többségében szükségtelen dolgokat – Gombrich szavaival élve „blikkfangos vacakokat”¹¹⁵ – termel, ráadásul pusztán működésével is, de még inkább növekedésével alapvetően veszélyezteti saját életterületét?

¹¹² Pataki György–Takács-Sánta András: Bevezetés. In: Pataki György–Takács-Sánta András (szerk.): *Természet és Gazdaság*. Typotex Kiadó, Budapest, 2004. 7-26.

¹¹³ WCED (World Commission on Environment and Development): *Our Common Future (The Brundtland Report)*. Oxford University Press, Oxford, 1987. 8.

¹¹⁴ Már az is kérdésként vetődik fel, hogy valójában mi értendő a jelen generáció szükséglete alatt, hiszen Galbraith professzor szavaival a vállalatok már nem csupán behipnotizálják a tömegbe a látszólagos szükségleteket, hanem továbbmenve még azt is a létezés igazságaként injekciózzák a „fogyasztás-gépezetébe” – a fogyasztóba –, hogy minél többet fogyasztja az adott terméket, annál jobbat és többet tesz a társadalomért. (Galbraith, John Kenneth: *The Affluent Society*. Houghton Mifflin, Boston, 1976. 149.)

¹¹⁵ „Az egyensúlyi állapot ilyen felborulásának fő oka az a vágy, hogy többet tegyünk annál, mint ami szükséges, s eközben szem elől tévesztjük az igazi célt. Még a technika számára sem ismeretlen az a veszély, amely a nagyobb és a jobb utáni hajszában rejlik, és ami trükkös szerkesztőkhöz vezet, olyan blikkfangos vacakokhoz, amelyekből több a kár, mint a haszon. A művészetben viszont azt figyelhetjük meg, miként alacsonyodik le a mester virtuózzá aki csak ügyességét akarja fitogtatni anélkül, hogy tekintettel lenne a valódi célra.” (Gombrich, Ernst, H.: *Művészet és fejlődés*. Corvina, Budapest, 1987. 22.)

Külön figyelmet érdemel, hogy Ernst H. Gombrich „A haladás eszméi és hatásuk a művészetre” címmel a Cooper Union Művészeti és Építészeti Főiskoláján tartott előadásában már 1971-ben arról a paradoxonról beszélt – igaz a művészetek vonatkozásában –, hogy „annál haladóbbnak tűnik a műkritikus, minél inkább tagadja, hogy a művészetben van haladás. A haladás fogalmát a jelenlegi művészettörténetírásban is legszívesebben elkerülik. Túl vagyunk rajta, csakúgy, mint a hanyatlásán.” (Gombrich, Ernst, H.: *Művészet és fejlődés*. Corvina, Budapest, 1987. 8.)

Kétségtelenül kihagyhatatlan tényező a világgazdaság hagyományos modelljéből a növekedés¹¹⁶, hiszen ebben a modellben stabilitás is csak növekedés mellett képzelhető el. Azonban ez az elv, és annak erőltetése egyre inkább hasonlít egy vezetőjét vesztett, elszabadult gőzmozdonyhoz, ami a megfelelően racionális irányítás hiányában öntörvényűvé válik¹¹⁷, és többé nem szolgálja az azt létrehozó akaratot, hanem kénytelen az akarat a megmaradt energiáit az elszabadult rendszer által okozható károk elleni védekezésre mozgósítani. – Vajon nem indokoltabb akkor a mozdonyt a forgalomból kivonni, amíg még nem késő?

„Véges lehetőségek mellett minden országnak csupán csak korlátozott környezeti tér áll rendelkezésére. A fejlődés, mint vég nélküli versenypálya ezért történelmileg elavult elképzelés”¹¹⁸

Növekedés: probléma és vízió

Súlyos és a kultúra mélyéig hatoló kérdések vetődnek itt fel.¹¹⁹ Először is tisztázni kellene, hogy ennek a fékevesztett növekedésre ítélt gazdasági modellnek van-e célja, és vajon tényleg annyira kizárólagos-e, ami miatt senkinek eszébe sem jut valamilyen gyökeresen más rendszerben gondolkozni?

Mielőtt azonban ellenállhatatlan késztetést érzünk válaszaink érvényességének tudatos ellenőrzésére, megkerülhetetlen szembesülnünk azzal, hogy gondolataink mindig közvetlenül a létkoncepciónk által inspiráltak és meghatározottak. Érdeemes itt hivatkoznunk a Wuppertal

A fejlődés korának hanyatlása lassan beszivárog a közgazdasági értelmezésekbe is. „A fejlődés tehát a nyolcvanas évektől új jelentéstartalommal gazdagodott, de a fogalom ezzel együtt inflálódni kezdett. A fejlődés hamarosan mindent is jelentett meg semmit... A fejlődés az elmúlt ötven évben sokkal több volt, mint társadalmi-gazdasági törekvés; a valóság értelmezését szolgáló modell volt, társadalmak lelki békéjét biztosító mítosz, szenvedélyeket felkavaró képzelgés.” (Sachs, Wolfgang.: Fejlődés: egy eszme tündöklése és bukása. In: *Globalizáció és fejlődés*. Szerkesztette: Scheiring Gábor – Boda Zsolt. Új Mandátum Könyvkiadó, Budapest, 2011. 53-80.)

¹¹⁶ A közgazdászok figyelme csakis valaminek (profit, jövedelem, jelenérték, stb) a maximalizálására irányul(hat).

¹¹⁷ Főként abban a vonatkozásban, hogy a gazdasági növekedést és a fejlődést rokonértelmű tartalomként kezeli.

¹¹⁸ Sachs, Wolfgang.: Fejlődés: egy eszme tündöklése és bukása. In: Scheiring Gábor–Boda Zsolt (szerk.): *Globalizáció és fejlődés*. Új Mandátum Könyvkiadó, Budapest, 2011. 53-80

¹¹⁹ Talán a 20. sz. elején a fizikusok érezhettek valami hasonlót, amikor a kialakult gondolati rendszerük alapjait rengette meg egy teljesen új élmény, amelyről Heisenberg így írt: „csak akkor érthetjük meg a szenvedélyes reakciókat, amelyeket a modern fizika legújabb fejlődése váltott ki, ha világosan látjuk, hogy itt a fizika alapjaiban rendült meg. Olyan érzés volt ez, mintha a tudományt elvágták volna gyökereitől.” (Heisenberg, Werner: *Physics and Philosophy. The Revolution in Modern Science*. Allen & Unwin, London, 1963. 145.)



Institute for Climate kutatójának, Wolfgang Sachsnek a szavaira hivatkozni: „*Mint oly gyakran, a probléma meghatározásából egyenesen következik a megoldás.*”¹²⁰

Új gazdasági modell többnyire azért jelenik meg, mert létszituációnkban szembe kerülünk egy problémával, amit meg kell, vagy meg szeretnénk oldani. A megoldáshoz kutatni kell, a kutatáshoz megoldási vízióval kell rendelkezünk. Ilyen módon, a modell két tényező függvényeként fog létrejönni, ezek pedig a **probléma** és a **vízió**. Ebből a feltételből pedig mindjárt érthető a modellezés determinisztikussága¹²¹, hiszen a megoldandó probléma mindenkor a korábbi aktivitás következménye, ilyen módon eleve az aktivitás jellegébe, irányába ágyazott, továbbá, éppen ez az aktivitási jelleget magán hordozó probléma generálja a víziót, egyrészt határozott irányt szabva neki, másrészt maga a vízió hol máshol jöhetne létre, mint az egyébként ugyanazon aktivitási irány által jellemezhető gondolati térben: a létkonceptióban,¹²² „episztemikus függőségben”.¹²³

Mivel minden koncepció evidenciákkal határolt, az evidenciák pedig éppen azért evidenciák, mert végtelenen rögzültek egy társadalmi tudatban¹²⁴, rendkívül nagy intellektuális erőfeszítést jelent az evidenciáktól függetlenített gondolkodás, Einsteint parafrázálva azonban egy problémát sem lehet ugyanazzal a gondolkodással megoldani, mint amely a problémát előidézte.

¹²⁰ „Ha az alacsony jövedelmet tekintjük a legfontosabb problémának, akkor a megoldást csakis a jövedelem növelése jelentheti. Így a déli országok minden változás iránti igényét a gazdasági fejlődés iránti igénynek értelmezték, elutasítva minden lehetséges alternatív értelmezést, például, hogy a probléma lehet akár az elnyomás és függőség is, annak megoldása pedig a felszabadulás és az önállóság. Nem merült fel az a gondolat sem, hogy egyes kultúrák elsősorban nem gazdasági jellegű eszményeket követnek, legyen az a törzs egysége, vagy a vallásos rítusok megtartása.” (Sachs, Wolfgang.: Fejlődés: egy eszme tündöklése és bukása. In: Scheiring Gábor – Boda Zsolt (szerk.): *Globalizáció és fejlődés*. Új Mandátum Könyvkiadó, Budapest, 2011. 53-80.)

¹²¹ Ezen a ponton szeretnénk felhívni a figyelmet arra, hogy bármely működésben sikeresen visszaigazolt modell is csak a valóságnak egy ismeretlen jelentőségű részletéről hordoz ismeretet. Sir John Hicks szavai utalva „mivel a közgazdaságtan a jelenségek szűk körével foglalkozik, a közgazdászok folyamatosan a határaiba ütköznek.” (Hicks, John.: *Causality in Economics*. Basic, New York, 1979.)

¹²² Az ember létkonceptiója megszabja minden tevékenységének – így teljes teremtési aktivitásának is – az irányát. Ettől az iránytól lényegében semmilyen emberi megnyilvánulás nem térhet el, mert ami eltér, az abnormálisnak nyilvánítatik, és ezzel az iránnyal az elme öntudatlanul ugyan, de a valóság egyetlen szűk szeletére szorítja be magát, holott valóság nem csupán ebben az irányban, hanem végtelen sok irányban és „pályán” – koncepcióban - értelmezhető és realizálható. Egy konkrét szemlélet azonban azon túl, hogy az értelmezést támogatja, más koncepciókban való értelmezést pedig éppen hogy kizár -, legalább is mindaddig, amíg nincs teljes tudatos ellenőrzés alatt, maga a koncepcióban való gondolkodás ténye.

¹²³ Vö.: Hardwig, John: Epistemic Dependence. *The Journal of Philosophy*. 1985/7. sz. 335-349.

¹²⁴ „A dolog lényege az, hogy a társadalom nem eltorzítja a világra vonatkozó tudásunkat, nem áll közénk és a valóság közé. A társadalom képessé tesz bennünket: általa, nem pedig ellenére látjuk a világot. A társadalom és a kultúra szemüvegként hat: rajta keresztül kollektíve látjuk és ragadjuk meg a világot, nélküle semmit vagy majdnem semmit nem látnánk.” (Bloor, David–Edge, David: *Knowing Reality through Society*. *Social Studies of Science*. 2000/1. sz. 158-160.)



Lényegi változás tehát mindig csak és kizárólag modellváltásból – a cselekvési irány megváltozásából¹²⁵ következhet, illetőleg valós, a létkonceptióig hatoló értékrendi változás valahányszor modellváltást idéz elő. Kénytelenek leszünk hát belátni, hogy „*nem vagyunk egy ellenállhatatlan fejlődés tehetetlen marionettbábjai, s egyáltalán nem szükségszerű, hogy valamit egyszerűen csak azért tegyünk meg, mert adottak rá a lehetőségek. Ott, ahol ezek a lehetőségek a saját magunk által tételezett értékekkel kerülnek összeütközésbe, arra van szükség, hogy képesek legyünk nyugodtan „nem”-et is mondani.*”¹²⁶

Válaszadási kihívások és új létkonceptió

Mindenek előtt ki kell mondanunk, hogy ma éppen egy ilyen, az evidenciák „igen”-jeit öntudatlanul is abszolútizáló válaszadási korszakban élünk.¹²⁷ Létkonceptiónk minden ismert értéke rögzített és mozdíthatatlannak látszik, miközben éppen ezen érték mentén haladva folyamatosan válságközeli állapotokat élünk meg: mi is és létkonceptiónk is.¹²⁸

Felmerülhet a kérdés, hogy amennyiben a természetben általában a korlátlan növekedés életképtelenséghez vezet – tehát önmegszüntető jellege miatt a maga kizárólagosságában nincs is jelen –, és az emberi természet egyébként szintén olyan belső tudást hordoz, ami miatt hiányzik belőle a spontán készítés a korlátlanságra, akkor mégis honnan került elő és mitől válhatott ennyire kizárólagossá az emberi kultúra egy szegmensében – a gazdaságban – ez az elv? Ráadásul „egyre inkább szembesülni kényszerülünk azzal is, hogy a fenntarthatóság eszméje is aligha más, mint a növekedés paradigmáján belül egy kényszer következtében jelentkező „anomália”. Egy olyan anomália, amely hirtelen támadt ésszerűségi elvekre hivatkozva, ideiglenesen divattá tesz olyan értékeket, melyek nem tartozéka a létkonceptiónak - s akár olyan mintázatok is lehetnek, amik eredeti tartalmukat nélkülözve,

¹²⁵ Egyensúly- realizáció irányultság a növekedés kizárólagosságára való orientáció helyett.

¹²⁶ Gombrich, Ernst, H.: *Művészet és fejlődés*. Corvina, Budapest, 1987. 117.

¹²⁷ A „hanyaglás” – egy kultúra önmagára záródása – mindenkor evidenciái mentén, öntudatlan önabszolútizálásban realizálódik, ami nem szükségszerűen kényszer hatása, hanem éppen a kultúra fogalomalkotási és fogalomhasználati kontrolljának hiányában felléphető spontán következmény. Különösen súlyossá válhat a helyzet, ha egy „létezési modell” kizárólag saját teremtési folyamatára irányul, s az önmagából kitermelt valóság kizárólagosként értelmezésével, elfedi önmaga elől az önmagából való kilépés – megújulás – lehetőségét (lásd: mainstream), másrészt azt a pontot is, ahol önkényes ízlése szerint zárja el a kilépés lehetőségeit. Esetünkben a növekedésközpontú gazdasági modell - s annak a teljes fogalomkészlete – bizonyul meghaladottnak, s valójában egyre inkább a létezés általános értelemben vehető gátjának is.

¹²⁸ Érdeemes itt utalnunk az „elme ökológiájával” foglalkozó rendszerkutató Gregory Bateson szavaira: „Tudatosságunk célfogalmak köré szerveződik. Rövid távú eszköz, ami képessé tesz arra, hogy gyorsan hozzájussunk ahhoz, amit akarunk. Nem arra szolgál, hogy az élet szempontjából maximális bölcsességgel járjunk el, hanem, hogy a legrövidebb logikai vagy oksági úton jussunk hozzá, amit éppen akarunk, legyen az egy ebéd, egy Beethoven-szonáta vagy mindenek felett: hatalom és pénz. ... Ma az öntudat céljait egyre hatékonyabb gépezet szolgálja, s így hatalmában áll, hogy felborítsa az egész rendszer, a test, a társadalom vagy a bennünket környező élővilág egyensúlyát.” (Bateson, Gregory: *Steps to an Ecology of Mind*. Granada Publishing Ltd, London, 1973. 409.)



tisztán formállogikai alapon figyelembe vehetőnek tűnnek a növekedés ellehetetlenülésének megakadályozására irányuló stratégiáknak.”¹²⁹ Lényegében azonban mindez továbbra is éppenhogy a növekedés – profitmaximalizáció – elvét szolgálja.¹³⁰ Lényegi változás csak és kizárólag új gazdasági koncepcióból következhetne, illetőleg csak valós, a létkonceptióig hatoló értékrendi változás idézheti elő a gazdaságot mozgató elvrendszer átértelmezését.¹³¹ Egy ilyen átértelmezéshez azonban a viszonyítási pontokat a mai konvencionális gondolati tereken kívül kell keresni.

Ez pedig azt is jelenti, hogy a természettől társtalan egyedek mesterkéltséggel és öncélú társadalmi rendbe szervező létkonceptiójának - amennyiben a mindenkori élet és nem csupán a profit és versenyképesség fenntartását kívánja biztosítani -, a szerves világrendbe beágyazni tudó létezési modellbe kellene újrafogalmaznia önmagát.¹³²

„Amilyen értékűek, Philoklész, lesznek e társaid, olyannak találtatik majd a te értéked is. Amint itt üresség vagy gazdagság mutatkozik, akképp lesz ez majd a te élvezetedben is. Figyelmezz hát, hogy hol van a gazdagság és hol az üresség. Figyeld, mely tárgyban lakozik a legfőbb kiválóság, a szépség hol uralkodik, hol teljes, tökéletes, abszolút: hol töredékes, tökéletlen, hiányos. Vedd szemügyre ezen földi szépségeket, és bármit, mi kiválóság gyanánt

¹²⁹ Major Gyöngyi: Marketing és fenntarthatóság – Összhang avagy kizárólagosság? *Gazdaságtudományok*. 2012 /4 <http://gazdasagetiكا.hu/tartalom-folyoirat/85-gazdasagetiكا-20124-szam.html> [2014. 02.22.]]

¹³⁰ A vállalatok a globális hatások intenzitásától függően kénytelenek egyre tágabb rendszerben értelmezni saját érdekeltségüket, s az önérdek mentén kieleveződő globális verseny kényszeríti ki a globalizációban egyre inkább felhíguló és kiüresedő versenyképesség fogalmának újraértelmezésekor a társadalomorientáltság eszméjét /illúzióját. A fenntarthatóság nem létkonceptió, sokkal inkább érdekérvényesítési funkció; elvrendszer, amellyel az eltömegesített társadalom – a „fogyasztói gépezet” – továbbra is mozgásba hozható.

¹³¹ A ma már a reklámokból is belénksúlykolt, mert megérdemlem” helyett, a felelős vagyok, hogy élet legyen koncepcióra gondolnánk elsősorban.

¹³² Utalni szeretnék ezen a ponton az 1700-as évek elején Mandeville és Shaftesbury között folyó vitára; Mandeville megfogalmazásában a „Két rendszer nem lehet ellentétesebb, mint ölordságáé és az enyém.” (Mandeville, Bernard: *A méhek meséje*. Magyar Helikon, Budapest, 1969. 192.) A mandevilli önközpontú filozófiát mára már a létkonceptió teljes egészében evidenciaként kezeli, noha kizárólagossá válása nem valamiféle magasabbrendűségből, nem is a világ működésének általánosabb és mélyebb megértéséből, csupán az „önérdek” nyílt felvállalásából és alkalmazásából fakad. Az önérdek azonban semmilyen értelemben, legkevésbé a világ működését modellező kifinomult absztrakciók szellemi szintjén nem tűnik üdvözítő eszköznek. S ha elszabadul, éppenséggel és törvényszerűen indukál öndetermináló folyamatokat, s éppen olyanokat, mint amit magunk körül szétnézve a gazdaságban éppen láthatunk. S még akkor is így van ez, ha történnék kísérletek a nyilvánvaló elfajulások megszüntetésére. Történnék kísérletek a gazdaság látható problémáinak, a gazdasági válságok megszüntetésére. Ezek a kísérletek kétségbeesésükben főként az erkölcsöz, mint közvetítő tudatformához fordulnak segítségért, vagy legújabbban az erkölcs mentén a vallásokoz is (lásd: buddhista közgazdaságtan), azokban keresve a menedéket. Azonban könnyen megjósolható módon, ezek a kísérletek az esetleges rövid életű sikereken túl mind halálra vannak ítélve az érdek-központú létkonceptióban.

jelentkezik és vonzani képes. Tekintsd azt, ami vagy, valóban derekas, szép és jó vagy, amint ennek tartanak.”¹³³

A szerves létkoncepció

Az erőforrások használata, illetve az erőforrások használati lehetőségének biztosítása központi problematikája egy létkoncepciónak. Felmerül hát a kérdés, hogy létezhet-e olyan gazdasági rend, amely nem a szerzésre, hanem az egyensúlyra irányul. Kérdés, hogy élhető lehet-e egy olyan társadalmi (gazdasági) rend, amely alapvetően a természetben megfigyelhető egyensúlyi rendet tükrözi; a teljesség mindenben megnyilvánuló szakrális jelenlétét közvetíti, ebből adódóan pedig a **személy** természethez való viszonyát a tisztelet hatja át. Van-e valós létjogosultsága egy olyan létkoncepciónak, amely nem a teremtő rombolásban érdekelt, hanem magában a teremtésben; nem a fizikai expanzióban, hanem a kvalitatív fejlődésben?

A válaszkérésben megkerülhetetlenné válik az embernek és környezetének¹³⁴ a viszonya; az, hogy hogyan értelmezendő az, amikor az ember munkája nyomán, vagy egyszerű beavatkozással valamit a maga számára elvesz. Vajon képes-e a természeti erők érte meghozott áldozataként elfogadni azt és egyben viszont-áldozat vállalására is el tud-e köteleződni? A lényegi kérdés tehát az, hogy valamennyi beavatkozást a természet folyamataiba a legkisebb strukturális szinten is jelenlévő teljesség tisztelete át tudja-e hatni, aminek eredményeként az emberi munka a természeti erőforrásokat úgy konvertálhatja fogyasztható javakká, hogy közben az egész folyamat rítussá válva vissza tudhat simulni a természeti rendbe.

A munka és az ember szerves összetartozása törvényszerűen szűnt meg a növekedésre fókuszáló gazdasági modellben, részben az ember tárgyiasulása miatt, – mivel saját tárgyi környezete termékévé válva „fogyasztóra” degradálódott–, részben az öncélú növekedés gazdasági modellje miatt, ami sem szakralitást, de még morált sem¹³⁵ tűr meg a hatalmi újrafelosztási stratégiáit befolyásoló tényezők között.

Ilyenformán viszont természetessé válik az eszköznek tekintett természeti erőforrások határokat nem ismerő túlterhelése, aminek csak a teljes felélés szab gátat. Amennyiben

¹³³ Shaftesbury, Anthony A. C.: A moralisták. Filozófiai rapszódia. In: Márkus György (szerk.): *Brit moralisták a XVIII. században*. Gondolat Kiadó, Budapest, 1977. 221.

¹³⁴ Vajon a létkoncepció a környezetet az élet „helyének” vagy az élet megnyilvánulásának tekinti-e? Erről bővebben: Lányi András: Előszó. In: Lányi András (szerk.): *Természet és szabadság*. Osiris Kiadó, Budapest, 2000, 7-21.

¹³⁵ Lényegében az új – alternatív – gazdasági modellekben tényezőként szerepeltetett morál – modellektől és erkölcsöstől – sem egyéb, mint a növekvő profitot szolgáló díszlet.



egyáltalán olyan törekvések, elméletek jelentkeznek, melyek a teljes felélés elkerülését célozzák, az csak a felélés közvetlen közelében képzelhető el, mikor a katasztrófa realitása már kézzelfogható. Mivel a mai gazdasági modell lényege a növekedés, ettől a természetétől csak az térítheti el, ha valamely dimenziója mentén tovább növekednie lehetetlen.

Ez a tanulmány nem vállalkozhik másra, mint gondolatébresztésre, azonban itt egy másfajta működtető elveknek rövid vázlatát mégis következtet.

A megállapodott gazdaság felé¹³⁶

A fraktál a természetben leggyakrabban előforduló szerveződési forma.¹³⁷ Matematikai értelemben a fraktál önhasonló rendszerek hierarchikus topográfiáját jelenti. Ennek értelmében azonos elven szerveződő rendszerek szerveződnek ugyanazon szerveződési elv szerint magasabb rendű rendszerré ... elvileg határtalan mélységben. A fraktálra ugyanakkor jellemző, hogy a nagyobb egységbe szerveződő alrendszerek lényegében olyan önálló működést folytatnak, ami eredményében támogatja a magasabb rendű szerveződést is.¹³⁸

¹³⁶ Herman Daly kifejezése: Steady-State Economy. Daly, Herman, E.: Egy megállapodott gazdaság felé. *Kovács*. 2012/1-4. sz. 55-72.

¹³⁷ Hangsúlyozni kívánjuk, hogy anyagi értelemben a struktúrák alulról fölépíthetősége létezik, de ez csak térbeli és nem az idő linearitásában való elrendeződés, és mindegyik szint egyben maga a teljesség. (Fejlődés vs. Fraktál szerveződés?) A magasabb strukturálódási szint bonyolultabb, kifinomultabb kölcsönhatási mozgásokban való részvételt tesz lehetővé, de bármely strukturális szint hiányában nem létezne a teljesség. Nem a strukturálódási szintek hierarchiája, hanem jelenlétisége hordozza a lényegiséget. A strukturális hierarchiában megjelenik a mozgásformák hierarchiája is, de a legmagasabb rendű mozgásforma megvalósulása is csak az, ami a potencialitás teljességében, az időn kívül, minden részben, minden alacsonyabb rendű struktúrában létezik.

¹³⁸

1. A fraktál legkisebb egységei a racionálisan támogatható maximális önellátásra törekedhetnek. Ez új típusú felelősséget és identitást eredményez.

2. A fraktál legkisebb egységeit elsődlegesen topográfiai szempontok alapján, másodlagosan a nagyobb egység racionális önellátási maximalizálásának elve szerint lehet nagyobb egységekbe szervezni. (Ez biztosítja az anyagmozgatási igények ill. a kereskedelem optimalizálását.)

3. Az értékarányok megállapításánál a termék létrehozására fordított munkán túl figyelembe vehető a társadalmi hasznosság és az ökológiai kockázat is.

4. Minden termelési folyamatban tudatosulhat a termelés konkrét célja, mely csakis az életnek lehet alárendelve, hogy semmiképpen se fordulhasson elő az alárendelődés olyan megfordítása, melyben az élet rendelődik alá a termelésnek. Versenyképesség helyett tehát Életképesség.

5. Az önközpontú, atomisztikus és a horizontális háló típusú gazdasági modelltől eltérően, fraktál-típusú szerveződés nem csupán és nem elsősorban az anyagi termelés optimalizálását szolgálja, hanem rendkívüli hatékonysággal támogathatja az információáramlást, ami egyrészt minden tagjának szellemi állapotát a legmagasabban tarthatja – beleértve ebbe az oktatás optimális megszervezését is –, másrészt a tudati tisztántartási folyamatban nagy eséllyel képessé válhat annak a tárgykörnek a konkrét meghatározására, ami az adott társadalom valós szükségleteit jelenti, s ennek visszacsatolásával a termelésre, kizárhatná a rendelkezésre álló erőforrások pazarlását.

Ezek az elvek tehát egy olyan modellt eredményezhetnek, amelyen belül a hatalmi centrumok által szervezett gazdaságok a lehetőségeik szerinti önállóságra, ennek megfelelően pedig maximális önellátásra tudnak törekedni, de a fraktál jellegű kapcsolódáson belül módjuk lehet a földrajzi, természeti és emberi erőforrások különbségéből adódó specializálódások eredményeinek optimális össztársadalmi hasznosítására.



A fraktál-típusú gazdasági modellnek¹³⁹ a lényege a beágyazottság,¹⁴⁰ ami az önhasonlóságra képes tudatot és identitást igényel. Pierre Lévy szavait idézve: „Meg kell tanulnunk a Föld felé irányítani identitásainkat, érzelmeinket, életerőinket, megtalálni a kozmoszal való kapcsolatot... A Földért és a Föld által is születünk, születésünkkel kozmikus létet avatunk fel.”¹⁴¹

Felelőssége eleve csak a nem önmagába feledkezett embernek lehet, amennyiben szeretet által megéli a rajta kívül lévő teljes világ vele egyidejű valóságba törekvő drámájában a közösséget, a teljes egylényegűséget, részvétet és áldozatot. S e teljességet nem sajátítja ki öncélből, hanem végtelen örömmel ő adja oda magát neki.

Utószó helyett

Egy világ élete addig tart, amíg az ősök hite az utódokban el nem hal. Csak az ősök hitén megújulni képes – az életet éltető - világ menekül meg az önabszolutizálás csapdájából. Azonosulni az ősök teremtő akaratával, a tudathatáron egyensúlyozva, a tudathatáron tágítva, a személyes élet feláldozásáig elmenni a világ folyamatos megújításáért – ez maga az élet.

A felelősségünk pedig túlmutat a jelenvalóságon, a téren és az időn.

Én úgy vagyok, hogy már száz ezer éve
nézem, amit meglátok hirtelen.
Egy pillanat s kész az idő egésze,
mit száz ezer ős szemlélget velem.

(József Attila)

Összefoglaló

¹³⁹ A modell olyan lényegi változások lehetőségét tartalmazza, ami indoka lehet az elmélyült továbbgondolásnak, és a részletesebb kidolgozásnak. A továbbiakban pedig javasolható a modell működésének számítógépes szimulációja, aminek eredményei a modellre pozitívan visszacsatolva felgyorsíthatják a működőképes rendszer megtervezésének folyamatát. Mindemellett azonban hangsúlyozandó, hogy a modell újszerűsége egy új létkoncepcióban gyökerezik. A lelkiismeret felkapcsolása ugyanis nem lehetséges egy tőlünk tágabb világba való beágyazottság tudata nélkül. Az átépített és korszerűsített biológiai gépként funkcionáló ember saját tárgyiasult szemléletének áldozataként soha nem fog visszatalálni eredeti önmagához. Mert géppé vizionált önmagának többé nincs létkoncepciója. Konceptiója csak az embernek van. A gép rendelkezzen bár az emberi értelmet minden tekintetben túlszárnyaló mesterséges intelligenciával, önmegvalósítási létkonceptióra soha szert nem tehet. Ez a gép üressége.

¹⁴⁰ Valójában nem másról beszélünk, mint a „Részben az egész és egészben a rész” koncepciónak az felelevenítéséről.

¹⁴¹ Lévy, Pierre: *Mi az antropológiai tér?*

<http://www.antroport.hu/lapozo/forditasok/forditaspdf/ANTRTEER.pdf> [2014. 02. 22.]



Az emberi természet egyelőre belső, megöröklött, nem is feltétlen artikulálódott tudást hordoz a természet általános egyensúlyi törvényéről, és ez a csömör – telítettség - állapotában realizálódik. Röviden és némileg filozofikusabban ezt úgy fejezhetjük ki, hogy az ember számára semmilyen anyagi értelmű növekedés önmagában véve nem érték. És soha nem az. Az érték sokkal inkább az egyensúly, mint a nagyság. Ugyanis az életképesség nem a nagysághoz, hanem az egyensúlyhoz kötődik.

A saját realizációs feltételeit nem megszüntető új létkoncepció alapmotívuma nem lehet más, mint a valóság olyan, a jelenleginél lényegesen különböző modellezése, mely akár kivezetve a jelenlegi, működési határaihoz ért koncepcióból, de mindenképpen az élet fenntarthatóságához vezet. Elsőként ezért érdemes leszámolni a történelmileg ránk hagyományozott realizációs modell olyan belső, strukturális adottságaiból következő szemléleti elemekkel, melyek evidenciái nem engedik látni önnön modellünk végességét, még kevésbé engednek látni más modelleket, következésképpen bezárnak bennünket abba a lehetőségrendszerbe, amelyben a válságjelenségek mentén tetten érhetően a teljes csőd és a teljes összeomlás felé mozzog.

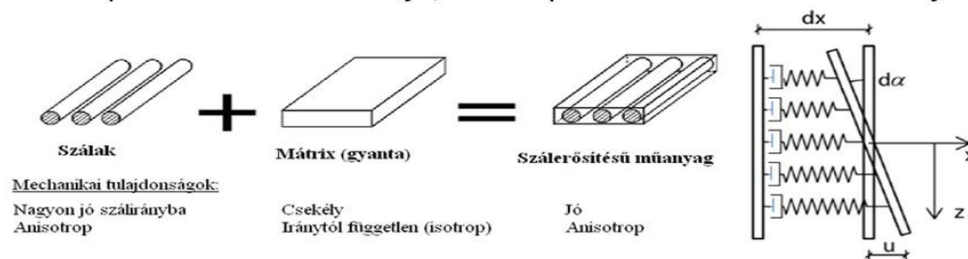
Borbély Endre – Szabó Rudolf¹⁴²

Szénszál kompozitok tulajdonságai és alkalmazásuk

Bevezetés

A kompozitokat az alapvetően eltérő tulajdonságú anyagokból – erősítő szál vagy textil-szerkezet rugalmas mátrixba ágyazásával és kikeményítésével – alakítják ki (1. ábra).

Kompozit készítés sémája, a kompozit mechanikai modellje



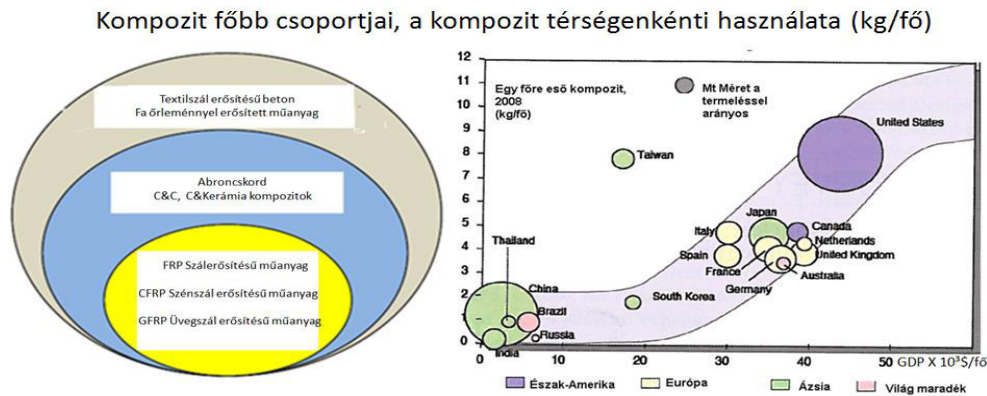
1. ábra

A kompozitokban a kiinduló anyagok – ellentétben az ötvözetekkel – a kikeményedést követően is elkülönülnek, de a szálfelületen kialakuló kémiai kötés, valamint az alapvetően lényegesen eltérő fizikai tulajdonságú komponensek funkcionálisan együtt dolgozva kiváló tulajdonságú új anyagot alkotnak.

¹⁴² A szerzők munkahelye és elérhetősége: Óbudai Egyetem KKV Kar – Ingtex Bt borbely.endre@kvk.uni-obuda.hu – ingtex@t-online.hu

A kompozitok a természetben is előfordulnak (pl. a len vagy kender szára), de az emberiség is több ezer éve ismeri és alkalmazza (sárba szalmát keverve száradás után kiváló építőanyag, favesszővel erősített földvár, stb.).

Sokféle anyag sorolható a kompozitok csoportjába (vasbeton, autóabroncs, faőrlemény erősítésű műanyag, szál- textil erősítésű polimerek) (2 ábra).



2. ábra

Ipari célra az üvegszál erősítésű polimer mátrixú kompozitok alkalmazása az 1930-as években kezdődött, az üvegszál olcsósága miatt ma is legnagyobb mennyiségben (4Mt) használják. A szénszál erősítésű kompozitokat először az 1970-es években a különleges igényeket támaztó űr- és repülőgép szerkezetekben alkalmazták. A kezdeti időszakban a szénszál a kis mennyiség használat és a magas ár (1500 \$/kg) jellemezte, mára a szénszál ára számottevően csökkent, és egyre több területen alkalmazzák. A fajlagos kompozit felhasználás (kg/fő) a gazdaság egyik fejlettségi mutatójának is tekinthető [143].

Kompozit erősítő szálak és textil szerkezetek

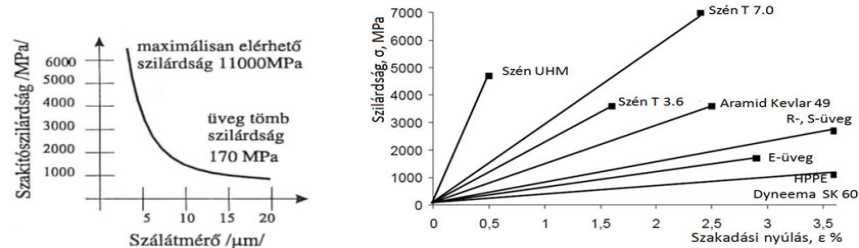
A szál fogalmán a keresztmetszetéhez, átmérőjéhez képest több nagyságrenddel nagyobb hosszúságú, összefüggő anyagot értünk. A szálak legismertebb képviselői a textil szálak, amelyekből különböző struktúrákat (fonal, 2D, 3D kelme, stb.) készítenek a felhasználási igényeknek megfelelően. A szál, a textília fogalma, anyaga és alkalmazási területe a műszaki felhasználás erőteljes megjelenésével kibővült.

Azonos alapanyag esetén a vékony szál formájú anyag hosszirányú szilárdsága lényegesen nagyobb a tömb alakúhoz viszonyítva (3. ábra):

- egyrészt a kis keresztmetszetű anyagok gyártási hibájának valószínűsége kisebb,
- másrészt a polimer szálak gyártása (nyújtás) során a láncmolekulák tengelyirányú rendeződése által.

[143] Szabó Rudolf - Szabó Lóránt: Textilszálak kompozitok megerősítésére. *Magyar Textiltechnika*, 2011/4. sz. 177-180.

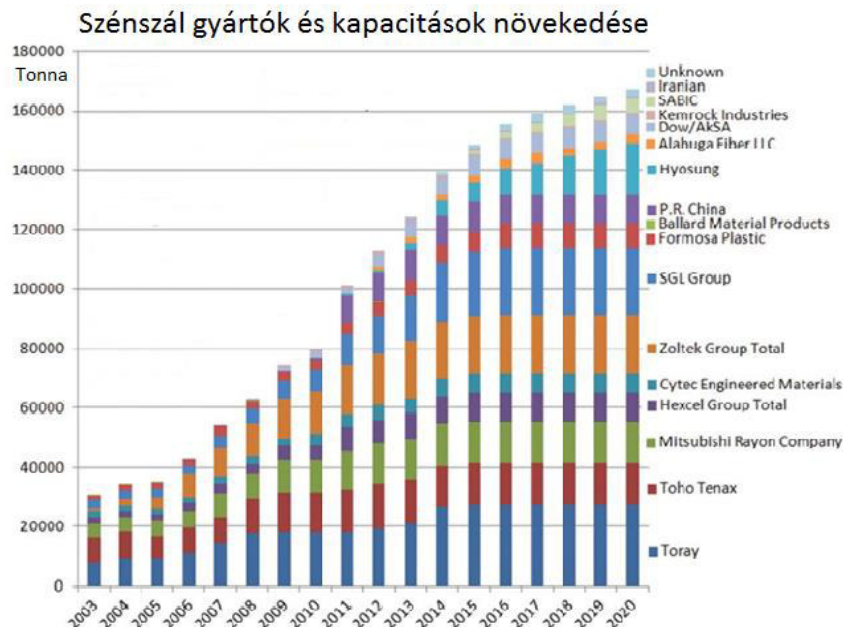
Szálátmérő hatása a szilárdságra, a különböző szálak szilárdság nyúlás diagramja



3. ábra

A kompozit erősítő szálak főbb jellemzői a nagy szilárdság, a kis nyúlás, a nagy merevség, többsége magas hőállóságú és kiváló vegyszerálló [144].

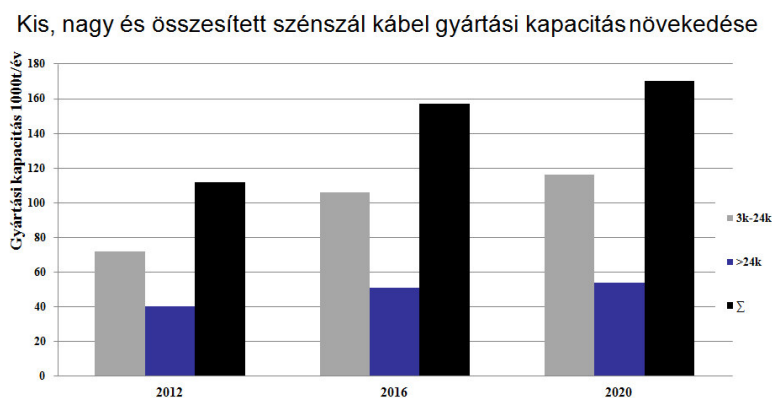
A szénszál számos előnyös, sajátos tulajdonságú, egyre többen gyártják (4. ábra), a legtöbb alkalmazás területén a legkiválóbb kompozit erősítő, gyártása dinamikusan növekvő.



4. ábra

A szénszál gyártás végterméke a felületkezelte (aktivált, szinggal bevont), keresztcsévére tekercselt párhuzamos elemi szálakból álló kábel (tow). A szénszál $d = 5 - 7 \mu\text{m}$ átmérőjű, a tow-ban levő elemiszálak számát 1000-szeres értékben adják meg, amit K-val jelölnek. Az 1K, 2K, 6K, 12K, 24K-s kábeleket kis K-snak nevezik, a nagyobb követelményt támastzó területeken alkalmazzák. A 48K, 50K, 60K, 320K-s az un. nagy K-s kábelek gyártási költsége kisebb, kommersz területeken (széllapát erősítő, autóipar) használják. A kis és a nagy kábel várható mennyiségi alakulását az 5. ábra mutatja.

[144] László Szabó - Rudolf Szabó: The carbon age – characteristics of the carbon fibers. *Acta Technica Corviniensis*, 2012/3. sz. 53-56.



5. ábra

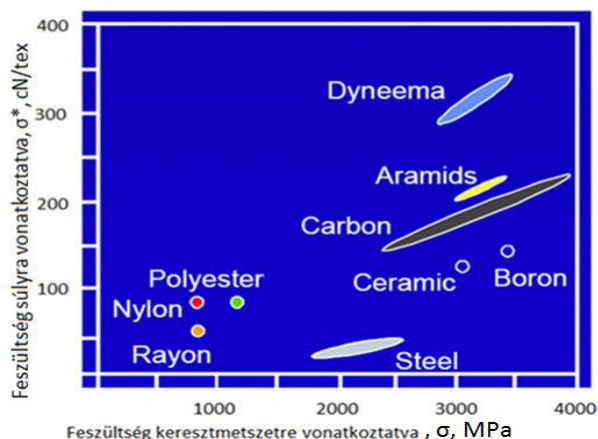
A szénszál típusától függően a mechanikai tulajdonságok lényegesen eltérőek lehetnek.

A szénszál főbb előnyös tulajdonságai:

- kimagasló specifikus merevség és szilárdság,
- kicsi sűrűség ($\rho=1,7-1,8 \text{ g/cm}^3$),
- nagy méretstabilitás,
- nagy szívósság,
- kifáradással szemben ellenálló,
- jó rezgéscsillapító,
- önkenő,
- alacsony hőtágulási tényező (CTE – Coefficient of Thermal Expansion),
- jó hővezető- és hőstabil,
- jó elektromos vezető,
- röntgensugarat átengedő,
- elektromágnes térben nem mágnesesződik,
- biológiailag és kémiailag közömbös,
- korróziós hatásoknak ellenáll,
- kiválóan ellenáll lúgoknak, savaknak és szerves oldószereknek.

A szerkezeti anyagok sűrűsége lényegesen eltérő, emiatt a közlekedési eszközök, géprészek, sporteszközök esetén az anyagok szilárdsági, rugalmassági modulus és az energia-elnyelési tulajdonságait célszerű a felület helyett a súlyra vagy tömre vonatkoztatva összehasonlítani (6. ábra).

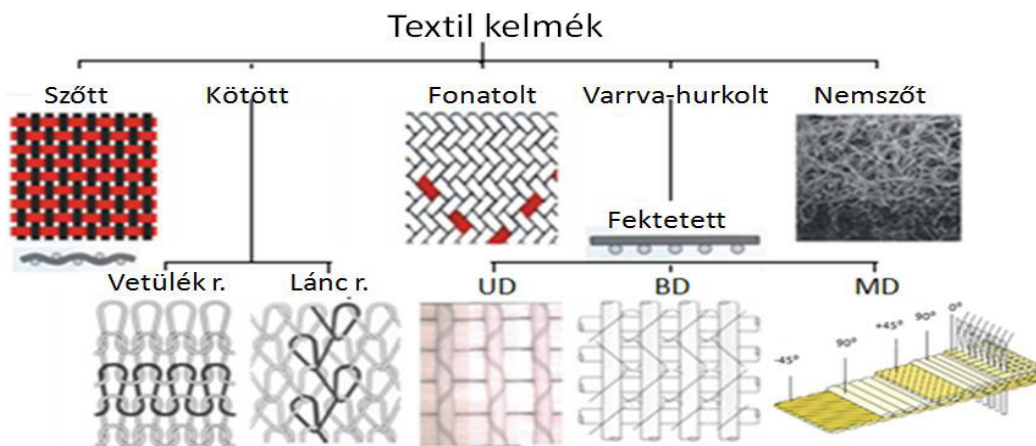
A különböző szálak keresztmetszetre és súlyra vonatkoztatott feszültsége



6. ábra

A szénszálat különböző formában (tow (kábel), chopped (aprított), őrlemény, (pellet)) vagy textiltechnológiai művelettel terített szalag (tape), szövet (BD – Bi-Directionally), varrva rögzített (UD - Uni-Directionally, MD - Multi-Directionally), fonatolt, ülepített papír lap, 2D (sík) vagy 3D (tér) kialakításban a kezelhetőségi és felhasználói igényeknek megfelelő alakítják ki (7. ábra) [145].

Lapképzési technológiák sémája



7. ábra

A kompozit erősítő textilszerkezet a készítendő végtermék alakjának megfelelően (preform) is készíthető.

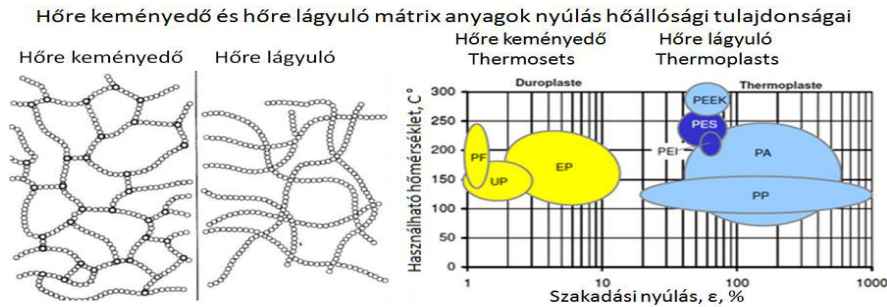
A prekurzorból kiindulva az oxidációt követően a szénszál gyártási folyamat közbülső terméke az oxidált szál (OPAN Oxidált PoliAkrilNitril), amely textiltechnológiával (fonás, szövés, nemszött) a kívánt formára a szénszálhoz viszonyítva könnyebben feldolgozható,

[145] Rudolf Szabó – Lóránt: Szabó: New textile technologies, challenges and solutions. XXIII Congress of IFATCC, Budapest, 2013. 05. 08-10. sz. 11.

majd szenesítés után a termékeket speciális területeken {repülőgép féktárcsák (C&C kompozit, hidrogén üzemanyag cella, akkumulátor elektródák, stb.)} alkalmazzák.

Mátrix és mag anyagok

A mátrix anyaga lehet beton, gumi, kerámia, szén, fém vagy műanyag (polimer). A polimer mátrixok hőre keményedők és hőre lágyulók lehetnek (8. ábra).



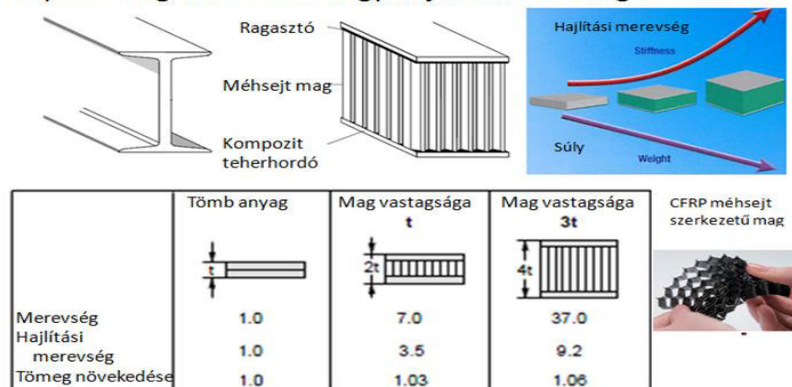
Az erősítő szál felületére a mátrix fajtájának megfelelő segéd (sizing) anyagot visznek fel a szálak felületére, amely a mátrix kémiai kapcsolódását elősegíti.

A mátrix a kompozit gyártását megelőzően is felvihető a textíliára (prepreg), ezáltal egyszerűbb a végtermék gyártása, viszont korlátozott a tárolási idő és -hőmérséklet.

A kompozit előállítására több technológiát (extrúder, fröccsöntés, sűrített levegős szórás, tekerceselés, kábelfektetés, pultrúzió, infúzió) dolgoztak ki [146].

A kompozit gyártás során a mag anyagokkal (balsa fa, méhsejt (alumínium, Kevlar), habanyag) térbeli struktúrák, könnyű, nagy hajlítási merevségű szerkezetek készíthetők (9. ábra).

Kompozit mag használata nagy hajlítási merevség kialakítására

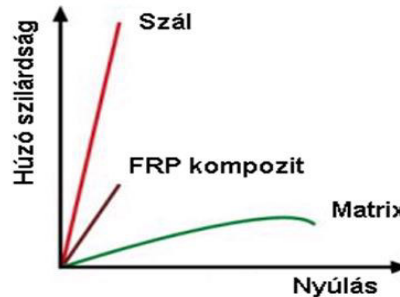


Kompozitok tulajdonságai és alkalmazásuk

[146] Czvikovszky Tibor - Nagy Péter - Gaál János: *A polimertechnika alapjai*. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2000. 455.

A kompozitok (FRP – Fibre Reinforced Plastics – szálerősítésű műanyagok) tulajdonságai nem származtathatók a két alapösszetevő (szál és polimer) tulajdonságainak egyszerű összegezéséből (10. ábra).

A szál, a mátrix és a kompozit szilárdság-nyúlás jellemzői

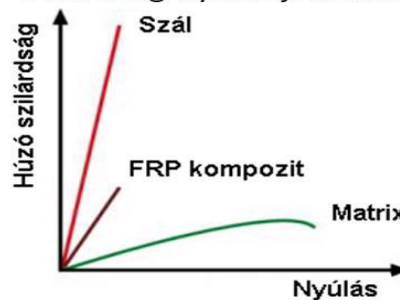


10. ábr

Kompozit tulajdonságait meghatározza:

- az erősítő szálak tulajdonságai,
- a szálak, a textil szerkezet elhelyezkedése a kompozitban,
- a mátrix anyagok tulajdonságai,
- a szál és a mátrix aránya a kompozitban.

A szál, a mátrix és a kompozit szilárdság-nyúlás jellemzői

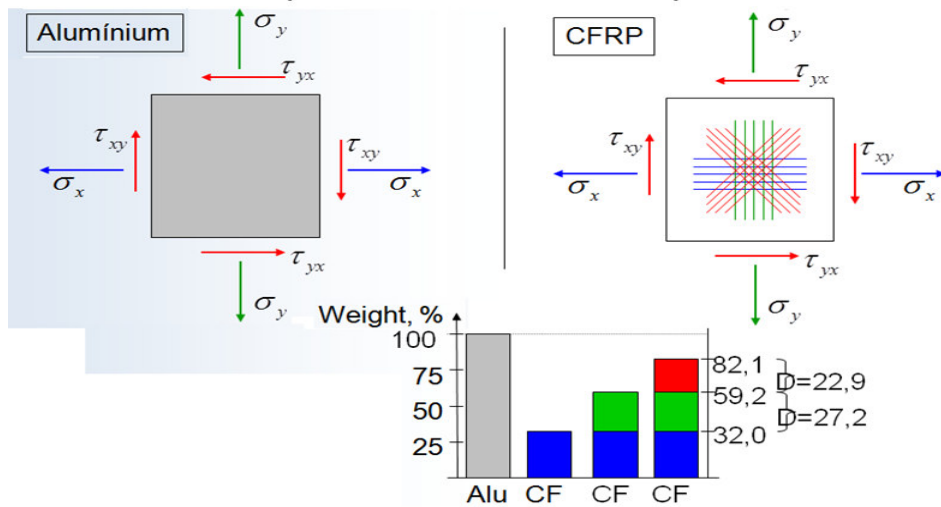


10. ábra

A kompozitokból a felhasználói igényeknek megfelelő különleges tulajdonságú, bonyolult formájú, könnyű, nagy teljesítményű szerkezeti anyagok állíthatók elő, amelyek mára számos műszaki alkalmazás területén kulcsfontosságúvá váltak.

A különleges alkalmazások esetén a kompozitok az igénybevételi iránynak megfelelően anizotrop mechanikai a terhelési iránynak megfelelően is kialakíthatók az izotrop tulajdonságú a fémekkel ellentétben (11. ábra).

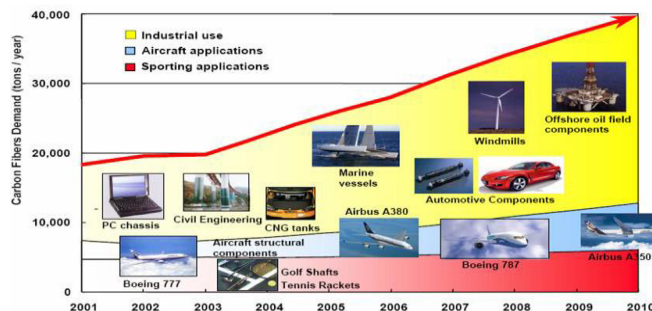
Alumíniumhoz viszonyítva az UD, BD és az MD szén-szál kompozittal elérhető súlycsökkenés



11. ábra

A szén-szál erősítésű kompozitokat - kiváló tulajdonságaiknak köszönhetően - a nagy értékű szerkezeti anyagokon (repülő, verseny- sportautó, különleges igényű ipari alkalmazások, sporteszközök, stb.) túlmenően az alapanyagok árának csökkentésével, a gyártási sebességek és hatékonyság növelésével egyre szélesebb területen (autóipar, széllapát merevítő, nagy nyomású, nem korrodáló, vegyszerálló tartályok és csővezetékek, változó sebességű, nagy gyorsulású, könnyű, de nagy szilárdságú és merevségű gépkatrészek, kis hőtágulási együtthatójú, mérettartó gépkatrészek, nyomtatók, számítógép házak, stb.) alkalmazzák (12. ábra).

Szén-szál alkalmazás növekedése



12. ábra

Az **űrparban és repülőgép gyártásban** a kompozitok meghatározó építőelemek, mára a repülőgép szerkezeti részének több mint 50%-át teszik ki.

Az **autó gyártás területén** a közel jövőben egyrészt az üzemanyagban (elektromos-, hidrogén hajtás), másrészt karosszéria kompozit anyagában (tömeg-csökkentés) lényeges változás várható, mindkét vonatkozásban a karbon szál használata döntő jelentőségre számíthat (13.

ábra). A kompozitok a verseny- és luxus autók gyártásában ma is meghatározó, az autó- és járműgyártásban az alkalmazás egyre széles körűbb, dinamikus növekszik [147], [148].



13. ábra

A kompozitok ütközési tönkremenetele ridegtörés, a fémek kihajlási és gyűrődési igénybevételéhez képest kisebb erőcsúcsok lépnek fel. A biztonsági szempontokat, a kompozitok tömegre vonatkoztatott kedvező szilárdsági, merevségi és energia elnyelési tulajdonságait a versenyautók számos esetben a gyakorlatban is igazolták.

Környezetvédelemi és gazdaságossági szempontok, a fosszilis energiahordozó felhasználás csökkentése, a CO₂ kibocsátás mérséklése áll az autóiari fejlesztések középpontjában. Kutatások kimutatták, hogy az autók súlyát 10%-kal csökkentve a hajtóenergiában 6%-os megtakarítás érhető el [149].

CFRP (Carbon Fibre Reinforced Plastics – szénszál erősítésű műanyagok) autóiari térnyerését az alábbiak indokolják:

- kompozitba ágyazva szénszál energia-elnyelése nagy,
- csillapító tulajdonsága kiváló,
- korrózió hatás nem lép fel,
- a fémeknél jobban formázható, lekerekített, áramvonalas sportos formák kialakítását teszi lehetővé.

A közeljövőben szénszál erősítésű kompozitok autóiari felhasználásán túlmenően más közlekedési eszközök (busz, teherautó, vonat, hajó) esetén is jelentős mértékű növekedése várható (14. ábra).

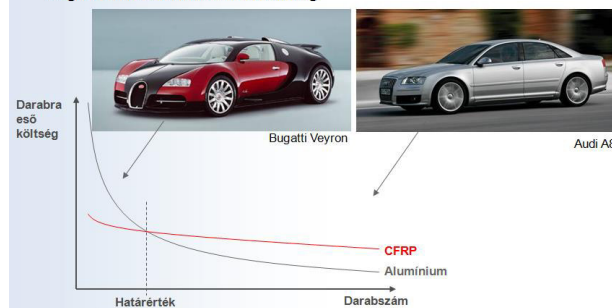
[147] K. Dreschler: CFK – Technologie im Automobilbau Was man von anderen Marken lernen kann? *C.C.e.V. Automotive Symposium*, Neckarsulm, 2010.

[148] T. Gries, Dipl. B.: Veihelmann: Kombinierte Faserverbundstrukturen zum. *Aufprallschutz Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen (ITA)*.

[149] K. Durst: Faserverbunde im Automobilbau: Warum „leicht“ schwer ist Materialica 13. Oktober 2009, München.

Miért használható a kompozit az autó gyártásban?

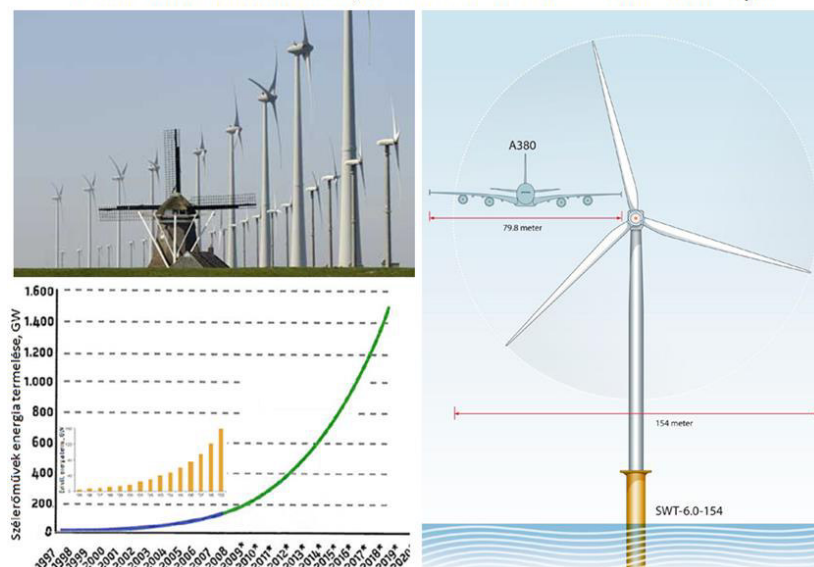
Annak ellenére, hogy a szén-szál kompozit drágább a fémnél, kisebb szériák esetén mégis olcsóbb a darabszáma eső költség



14. ábra

Napjaink nagy kihívása a növekvő energiaszükséglet egyre nagyobb arányú **megújuló energiákkal** biztosítása, amelynek egyik jelentős energia forrása a szélenergia. A **szélenergia hasznosításában** a nagyobb szélapatok esetén a **textilszál erősítésű műanyag** elengedhetetlen. A szélben levő energiát az emberiség már régen felismerte (szélmalmok), villamos-energia termelésre a szélkereket először 1890-ben (Dánia) alkalmazták. Közel 100 évvel később, az 1980-as években kezdték a szélben rejlő energia szélörmő által előállított villamos áram jelentősebb mértékű ipari célú hasznosítását. A szélörmők létesítési költségeiben a lapátok kb. 15-20%-ot teszik ki. Az egyre nagyobb lapát méretek a gyártás, a mechanikai és áramlástechnikai kihívásoknak való megfelelés tekintetében kulcsfontosságú (15. ábra).

A szélörmők kialakulása, növekedés üteme és méretviszonyai



15. ábra

2011-ben a szélörmők villamos teljesítménye a 200 GW-ot is meghaladta. Mára az évente üzembe állított szélörmő kapacitásában Kína áll az első helyen, Európában a villamos energia-termelésében a szélörmők meghatározó jelentőségűek. A szélörmők gyártásában a német, a dán, a spanyol és a kínai cégek az élen járók.

A szélben rejlő energia, ill. annak hasznosítása szempontjából döntő fontosságú a szél sebessége (v), a lapát hossza (r), ill. a forgó lapátok seprési felülete ($r^2\pi$) és a lapát áramlási szempontnak megfelelő kialakítása:

$$P = \rho r^2 \pi v^3 \quad (\rho - \text{levegő sűrűsége [kg/m}^3\text{]}).$$

A szélturbinák általában három lapátosak (ez dinamikai kiegyensúlyozás és áramlási zavar keltése szempontjából kedvező), függőleges síkban, a széliránnyal szembe automatikusan beállva hasznosítják a szélben rejlő kinetikai energiát. A lapátok – a repülőgép szárnyakhoz hasonló kialakítása miatt – a Bernoulli-törvény alapján a lapátfelületen fellépő nyomáskülönbség forgató nyomaték hatására forognak, ill. teljesítményt (P) adnak le:

$$P = M \omega,$$

ahol:

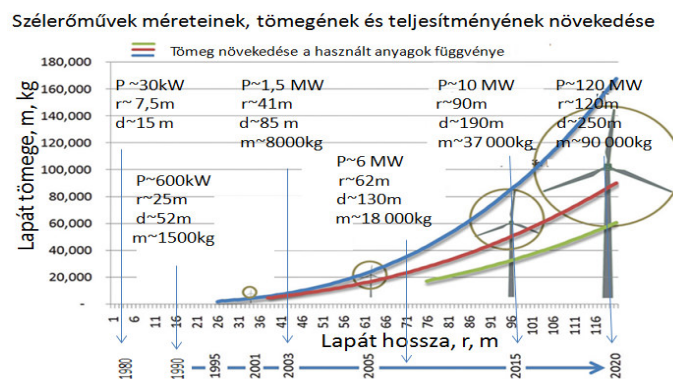
M - a lapátokra ható forgató nyomaték,

ω – a lapátok szögsebessége.

A szélerőmű teljesítmény növelése szempontjából döntően meghatározó a lapát mérete. A lapát hosszával a lapát által lefedett terület (söprési felület) négyzetesen, míg a lapát tömege közel köbösen növekszik. A széllapát tömeg-növekedés progresszivitása szénszál erősítésű kompozit merevítővel csökkenthető. 50 m-es lapáthossz felett a nagy merevség a szénszálal lapátmerevítővel érhető el.

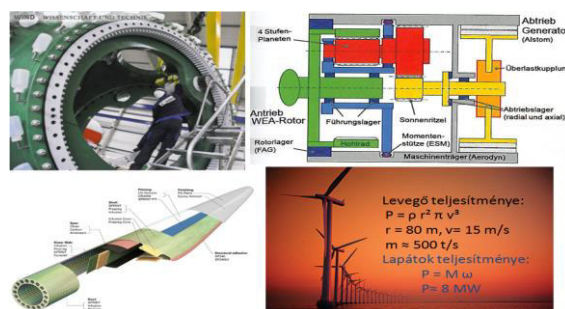
A szélesebbég a talajtól felfelé parabolikusan növekvő, emiatt célszerű a motolla minél magasabb (90-130 m) elhelyezése. A szél a tengerpart közelében általában erősebb és egyenletesebb, mint a szárazföld belsejében, emiatt a legnagyobb szélerőműveket a tengerpart közeli sekély vízbe (Offshor) telepítik, így a zaj okozta környezetet zavaró hatás is csökkenthető. Újabban a tengereken úszó szélerőmű telepeket is létesítenek. A forgó lapátok okozta zajkeltés – hasonlóan az új repülőgép szárnyvég kialakításához – a lapát végének az áramlás irányba görbítésével csökkenthető. A textil vászonbevonású lapátfelületekkel és a függőleges tengelyű, spirális alakú széllapátokkal is kísérleteznek.

Az 1980-ban gyártott szélerőművek (lapát hossza $r = 7,5$ m és kb. $P = 20$ kW teljesítményű) intenzív fejlesztésével 2020-ra a lapát hosszát várhatóan $r = 120$ m-re, míg a teljesítményt 1000 szeresére ($P = 20$ MW) növelik (16. ábra).



16. ábra

Az elmúlt 30 év fejlesztési eredményeit jól mutatja, hogy mára a lapát hossza a 80 m-t, míg a szélérőművek teljesítménye és a 8 MW-ot is elérte. A szélérőművek teljesítményének, így méreteinek növelési tendenciája továbbra is töretlen. A szélérőművek energiatermelő kapacitása napjainkban az elektromos termelés gyakorlati tényezőjévé vált, az általuk előállított villamos energia a fejlesztésben élen járó országokban egyre nagyobb hányadot tesz ki. 2020-ban a világ villamos energiájának 12 %-át várhatóan a szélérőművek adják. Napjaink szélérőmű fejlesztését külső tényezők, természeti katasztrófák tovább ösztönzik (17. ábra).



17. ábra

A korrózióállóságnak és a nagy szilárdságnak köszönhetően a **nagy nyomású gáztartályok, szállító tartályok, csővezetékek** területén is várható a szénszál erősítésű műanyagok széleskörű elterjedése. Nagy igénybevételű, nagy gyorsulással és sebességgel mozgó, a nagy hőmérséklet-változás esetén is a méretállandóság biztosítására a legjobb megoldás a szénszál erősítésű kompozit gépelemek (nyomtatók, kis hőtágulású alkatrészek, nagyfeszültségű távvezető kábelek, stb.). A szénszálás kompozit átengedi a radar sugarakat, így a lopakodó repülőgépeken túlmenően röntgen gépek gyártására is előnyös. A szerves anyagokkal közömbös és könnyű, emiatt implantátumok, művi végtagok készítését teszi lehetővé (18. ábra).



18. ábra

A szénszál erősítésű műanyagok számos különleges előnyös tulajdonságának köszönhetően a jövőben sokoldalú, nagyobb volumenű felhasználása várható.

Összefoglalás

Az utóbbi évtizedekben az elektronika és a pneumatika széleskörű alkalmazásával a mechanikus működésű gépi berendezések teljesítménye számottevően növekedett. A fémek szilárdsági tulajdonságai azonban számos területen nem tudtak lépést tartani a magas mechanikai követelményekkel, a nagyméretű, a mozgó géprészek, a járművek esetében a gazdasági és környezetvédelmi elvárások a súlycsökkentést helyezték előtérbe. A szénszál erősítésű kompozit szerkezeti anyagok számos gépészeti szerkezet esetén kiváló eredménnyel használhatók. A szénszál árának csökkenésével és a kompozit-gyártási technológiák fejlődésével, a gyártási időket rövidítve a szénszál erősítésű kompozitok dinamikus növekedése várható.