

# GÉP

A GÉPIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET MŰSZAKI FOLYÓIRATA



2018/3.

**nka**  
Nemzeti Kulturális Alap

60 oldal  
LXIX. évfolyam

# GÉPTERVEZŐK ÉS TERMÉKFEJLESZTŐK XXXIV. SZEMINÁRIUMA

MISKOLC, 2018. november 8–9.

TISZTELT GÉPTERVEZŐ ÉS TERMÉKFEJLESZTŐ KOLLÉGA!

Örömmel tudatjuk, hogy a szerzők 58 előadással jelentkeztek a Géptervezők és Termékfejlesztők 2018. november 8–9-én a MTA Miskolci Területi Bizottságának épületében (Miskolc, Erzsébet tér) megrendezésre kerülő szemináriumára. Az előadások egy része nyomtatott formában a GÉP folyóirat soron következő számában is megjelenik. Köszönjük a szerzők és a lektorok munkáját.

A szeminárium szervezői november 8-án 9 órától és 9-én 8.30 órától várják a résztvevőket. Az előadók előadásait sötétíthető teremben tartják és számítógépes projektor áll rendelkezésükre.

A részvételi díjról és a publikálás költségéről szóló számlákat a Gépipari Tudományos Egyesült elküldte. Tisztelettel kérünk mindenkit, hogy az átutalásáról legyenek szívesek intézkedni és azt leellenőrizni.

**Tudjuk, hogy az előadók és a társszerzők elfoglaltak, ennek ellenére kérjük, hogy jelenlétükkel tiszteljék meg a plenáris ülést és a szekciók előadóit.**

Levelünkhöz mellékeljük a Szeminárium programját, ami egyben meghívóként is szolgál. Az esetleges észrevételeket e-mail címünkön köszönettel fogadjuk.

Miskolc-Egyetemváros, 2018. október 19.

A szeminárium szervezői nevében szeretettel várja

*Dr. Péter József*  
c. egyetemi tanár, a Szeminárium titkára

**Géptervezők és Termékfejlesztők XXXIV. Szeminárium**  
**Gépipari Tudományos Egyesület**  
**Borsod-Abaúj-Zemplén megyei Géptervező Szakosztálya**

**MTA Miskolci Területi Bizottsága**

**Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet**

**MTA Miskolci Területi Bizottságának Székháza**  
**Miskolc, Erzsébet tér 3.**

**2018. november 8 (csütörtök) - 9 (péntek)**

*Címünk: Géptervezők és Termékfejlesztők  
XXXIV. Szeminárium*  
*Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet*  
*H-3515 Miskolc-Egyetemváros*  
*Telefon/Fax: (0036)-46-327-643*  
*E-mail: machpj@uni-miskolc.hu*

**Géptervezők és Termékfejlesztők XXXIV. Szeminárium**  
**Miskolc, 2018. november 8-9.**

**I. EMELET, NAGYTEREM**

**2018. NOVEMBER 8. (CSÜTÖRTÖK), DÉLELŐTT 10.00-TÓL**

**Elnök: Vadászné Prof. Dr. Bognár Gabriella** az MTA doktora, intézetvezető egyetemi tanár

**10.00-10.05** Vadászné Prof. Dr. Bognár Gabriella az MTA doktora, intézetvezető egyetemi tanár, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet: Megnyitó

**10.05-10.20** Dr. Kátai László egyetemi docens, dékán, Dr. Szabó István egyetemi tanár, Lágymányosi Attila adjunktus, Lágymányosi Péter tanszéki munkatárs, Szent István Egyetem Mechanikai és Géptani Intézet, Dr. Szakál Zoltán egyetemi docens, Szent István Egyetem Gépipari Technológiai Intézet: Additív gyártástechnológiában alkalmazott anyag szilárdsági jellemzőinek vizsgálata a 3D nyomtatás paramétereinek függvényében

**10.20-10.35** Kerényi György egyetemi docens, tanszékvezető helyettes, BME Gép- és Terméktervezés Tanszék: Diszkrét elemes módszer alkalmazása a Gép- és Terméktervezés Tanszék kutatásaiban

**10.35-10.50** Vadászné Prof. Dr. Bognár Gabriella az MTA doktora, intézetvezető egyetemi tanár, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet: Alumínium nanokompozitok paraméteres optimalizálása

**10.50-11.05** Dr. Czifra Árpád intézetigazgató egyetemi docens, Dr. habil. Horváth Sándor c. egyetemi tanár, Óbudai Egyetem: Különböző megmunkálási felületek topológiai térképei

**11.05-11.20** Nagy- Abonyi Tamás, Termékfejlesztési-iroda vezető, ELEKTROLUX: Feltaláltuk a padlóápolást – újból!

**11.20-11.35** Dr. Kakuk József Fejlesztési Mérnökség vezető, Robert Bosch Power Tool Kft.: A kéziszerszámgép fejlesztés új folyamatai

**11.35-11.50** Dr. Lovas László tanszékvezető egyetemi docens, BME Járműelemek és Jármű-szerkezetanalízis Tanszék: Csavarkötés modellezésének kérdései

**11.50** Dr. Péter József c. egyetemi tanár, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet: A szemináriummal kapcsolatos tudnivalók összefoglalása.

**I. SEKCIÓ, I. EMELET, NAGYTEREM**  
**2018. NOVEMBER 8. (CSÜTÖRTÖK), 14.00-TÓL**

**Szekcióvezető: Dr. Döbröczöni Ádám** Professor Emeritus, Miskolci Egyetem **Dr. habil. Horváth Sándor**, c. egyetemi tanár, Óbudai Egyetem, **Dr. Bercsey Tibor** egyetemi tanár, BME Gép- és Terméktervezés Tanszék

**14.00-14.15** Dr. Döbröczöni Ádám Professor Emeritus, Miskolci Egyetem: Társasfotók és évek az NME Gépelemek Tanszékének életében

**14.15-14.30** Dr. habil. Horváth Sándor c. egyetemi tanár, Dr. Czifra Árpád, egyetemi docens, Óbudai Egyetem: Akit Pattantyús-Ábrahám Géza a legnagyobb magyar mérnöknek nevezett

**14.30-14.45** Dr. Hegedűs József a műszaki tudomány kandidátusa, címzetes egyetemi tanár: Amit az értékelésről mindenkinek tudnia kell

**14.45-15.00** Dr. habil. Dr.-Ing. hc. Bercsey Tibor egyetemi tanár, BME Gép- és Terméktervezés Tanszék: A gép- és terméktervezés folyamat és objektum modelljei

**15.00-15.15** Dr. habil. Szunyogh Gábor ny. főiskolai tanár, Dr. Gáti József c. egyetemi docens, Dr. habil. Horváth Sándor c. egyetemi tanár, Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar: A Jendrassik-féle Dieselmotorok különleges műszaki megoldásai (120 éve született Jendrassik György)

**15.15-15.30** Gulácsai Lajos tüzoltó és tűzbiztonság-technikai mérnök, igazságügyi tűzvédelmi szakértő: A magyar tüzoltó története képekben és eseményekben

**15.30-15.45** Dr. Darabos Anita DLA adjunktus, BME Gép- és Terméktervezés Tanszék: A természeti analógiák megfigyelése és azok felhasználása a terméktervezésben

**15.45-16.00** Dr. Darabos Anita DLA adjunktus, Szalai Judit tanszéki mérnök, BME, Gép- és Terméktervezés Tanszék: Az emberi transzformálódás a formatervezés és technológiai változások tükrében

**16.00-16.15** Dr. Kiss Gábor egyetemi docens, Berecz Csilla Éva, Tóth László Óbudai Egyetem: Az autonóm járművekben rejlő lehetőségek és veszélyek

**16.15-16.30** Dr. Ficzer Péter egyetemi adjunktus, BME Járműelemek és Jármű-szerkezetanalízis Tanszék: Az ipar 4.0 és az egyedi orvosi implantátumok kapcsolata

**16.30-16.45** Németh Géza egyetemi adjunktus, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet: Forgató csavarrugó modellezése és igénybevételei

**16.45-17.00** Bogyai Péter demonstrátor, Dr. Ficzer Péter egyetemi adjunktus, Dr. Horváth Eszter egyetemi adjunktus, Dr. Lovas László egyetemi docens, BME Járműelemek és Jármű-szerkezetanalízis Tanszék: Csontokról készített CT felvételektől a CAD geometriáig

**17.15-17.15** Kardos Szilárd, tanszéki mérnök, BME Gép- és Terméktervezés Tanszék, Dr. Krísch Róbert, ügyvezető K.K.K. 99 Kft.: Sikkerekes hullámhajtómű fejlesztése a K.K.K. 99 Kft.-nél.

**II. SEKCIÓ, I. EMELET, DEÁK TEREM**  
**2018. NOVEMBER 8. (CSÜTÖRTÖK) 14.00-TÓL**

**Szekcióvezető: Dr. Czifra Árpád** egyetemi docens, Óbudai Egyetem, **Gépészeti és Biztonságtudományi Intézet**, **Dr. Bihari János** egyetemi docens, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet

**14.00-14.15** Dr. Ecsedi István Professor Emeritus, Miskolci Egyetem, Műszaki Mechanikai Intézet, Dr. Baksa Attila, egyetemi docens, PhD, Miskolci Egyetem, Műszaki Mechanikai Intézet: Inhomogén, anizotrop ellipszis keresztmetszetű rudak Saint-Venant csavarása

**14.15-14.30** Dr. Orbán Ferenc Professor Emeritus, Pécsi Tudományegyetem, Gépészmérnöki Tanszék. Síklálú tartályok gazdaságos méretezése

**14.30-14.45** Dr. Hriczó Krisztián egyetemi adjunktus, ME Matematikai Intézet, Vadászné Prof. Dr. Bognár Gabriella az MTA doktora, intézetvezető egyetemi tanár: A mágneses tér hatása viszkózus ferrofluid áramlásban

# GÉP

## A GÉPIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET

műszaki, vállalkozási, befektetési, értékesítési, kutatás-fejlesztési, piaci információs folyóirata

### SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Dr. Döbröczöni Ádám

**elnök**

Vesza József

**főszerkesztő**

Dr. Jármái Károly

Dr. Péter József

Dr. Szabó Szilárd

**főszerkesztő-helyettesek**

Dr. Barkóczi István

Bányai Zoltán

Dr. Beke János

Dr. Bercesy Tibor

Dr. Bukoveczky György

Dr. Czitán Gábor

Dr. Danyi József

Dr. Dudás Illés

Dr. Gáti József

Dr. Horváth Sándor

Dr. Illés Béla

Kármán Antal

Dr. Kalmár Ferenc

Dr. Orbán Ferenc

Dr. Pálkinkás István

Dr. Patkó Gyula

Dr. Péter László

Dr. Penninger Antal

Dr. Szabó István

Dr. Szántó Jenő

Dr. Tímár Imre

Dr. Tóth László

Dr. Varga Emilné Dr. Szűcs Edit

Dr. Zobory István

### TISZTELT OLVASÓ!

1973. augusztus 22-24-én 110 vállalat és intézmény 234 többnyire konstrukciós tevékenységet folytató vezető beosztású szakembere foglalkozott az ipari konstrukciós munkával és annak szervezésével. A tanácskozás gondolata 1972. nyarán a GTE országos titkári értekezletén született, amit a GTE miskolci-egyetemi szervezete rendezett meg prof. Dr. Terplán Zénó, Dr. Magyar József, Dr. Száday Rezső, és a Miskolci Egyetem Gépelemek Tanszéke munkatársainak közreműködésével. A Tanácskozást Dr. Varga Jenő egyetemi tanár, az GANZ gyár egykori főkonstruktoré nyitotta meg, kiemelve, hogy *ilyen rendezvény hazánkban korábban nem volt*. Tanácsolta, hogy *a konstrukció értékelésével is foglalkozni kell*, mivel az utóbbi években több, *a tervezés módszertanával foglalkozó* - elsősorban nyugat-német munka - jelent meg. A Tanácskozás kiadványában a 15 cikk szerzője egységes rendszerbe foglalt, termékeny és hatékony konstrukciós munka érdekében érvelt. A Vezető Konstruktorok Tanácskozása az 1975. évi rendezvényt követően 1977-ben *Géptervezők Országos Szemináriumává* alakult.

Az 1990-es években bekövetkező változásokat megelőző, a korábbi szemináriumok hangulatát felidéző rendezvény az 1985-ben Miskolc-Tapolcán megrendezett Géptervezők VI. Országos Szemináriumára volt. A 43 nyomtatott formában is megjelent előadást 210 iparban, kutatóintézetben és felsőoktatási intézményben tevékenykedő résztvevő hallgatta. Dr. Drobní József egyetemi tanár a megnyitóban *energiatakarékos, megbízható és esztétikus gépek tervezéséről beszélt, amelyek nemcsak külföldön, hanem honi terepen is versenyképesek*, érzékelve és érzékeltetve a várható kihívásokat. Az állami vállalatok és kutatóintézetek tönkremenetele a Géptervezők VII. Országos Szemináriumát is érintette, a Miskolci Egyetemen szervezett szeminárium 30 előadását egyetemi oktatók és kutatók tartották - változatlan erőbedobással - a felsőoktatásban dolgozó társaik és néhány vállalati szakember részére.

A XX. század utolsó évtizedében a magyar ipar gyökeresen átalakult, a termelő helyet cserélt a fogyasztóval, a lebecsült fogyasztási javak egyenrangúvá váltak a gépekkel, a termelő eszközökkel, a géptervezők szótára kiegészült a termék szóval. A tervezők tudomásul vették, hogy termék mindaz, ami iránt van érdeklődés (pl. Géptervezők Szemináriumára), vagy ami iránt az érdeklődés felkelthető (pl. Géptervezők és Termékfejlesztők Szemináriumára). A szeminárium szervezői megértették, hogy a pálya elején lévő korosztály is *szívesen részt vesz rendszeres szakmai összejövetelen, és örömmel veszi, ha megbízható sajtófelületben jelentetheti meg cikkeit, - számára elérhető áron, esetünkben a Gépipari Tudományos Egyesület támogatásával*.

A változás az előadások témájában is érzékelhető, *a matematika, a mechanika, az anyag- és a gyártástudomány, a gépelemek geometriai és szilárdátsági vizsgálata, kenése, szerkezeti kialakítása mellett a modellek és a valós termékek számítógéppel segített gyártása, a biológia, az orvostudomány, a természeti analógiák és az ipari formatervezés eredményei is a vizsgált területek közé kerültek*.

Engedje meg a Tisztelt Olvasó a köszöntő végén a személyes hangot. Az 1985 óta tartó szemináriumszervező munkánk nem lenne eredményes a Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézete (korábban Gépelemek Tanszéke) vezetői, oktató és nem oktató beosztottjai támogatása nélkül. Személy szerint is hálával tartozok a biztatásért, a kritikáért és a munkáért Vadászné Dr. Bognár Gabriella intézetigazgatónak, Dr. Döbröczöni Ádám professzor emeritusnak, Németh Géza egyetemi adjunktusnak, és Gere Aranka gazdasági ügyintézőnek.

Dr. Péter József  
a Szeminárium szervező titkára

A szerkesztésért felelős: Vesza József. A szerkesztőség címe: 3534 Miskolc, Szervezet utca 67.

Telefon/fax: 06-46/379-530, 06-30/9-450-270 • e-mail: mail@gepujsag.hu

Kiadja a Gépipari Tudományos Egyesület, 1147 Budapest, Czobor u. 68., Levélcím: 1371 Bp. Pf.: 433.

Telefon: 06-1/202-0656, fax: 06-1/202-0252, e-mail: a.gaby@gteportal.eu, internet: www.gte.mtesz.hu

A GÉP folyóirat internetcíme: <http://www.gepujsag.hu>

Kereskedelmi és Hitelbank: 10200830-32310236-00000000

Felelős kiadó: Dr. Igaz Jenő ügyvezető igazgató.

Gazdász Nyomda Kft. 3534 Miskolc, Szervezet u. 67. Telefon: 06-46/379-530 • e-mail: gazdasz@chello.hu

Előfizetésben terjeszti a Magyar Posta Zrt. • Postacím: 1900 Budapest

Előfizetésben megrendelhető az ország bármely postáján, a hírlapot kézbesítőknél, [www.posta.hu](http://www.posta.hu) WEBSHOP-ban (<https://eshop.posta.hu/storefront/>), e-mailen a [hirlapelofizetes@posta.hu](mailto:hirlapelofizetes@posta.hu) címen, telefonon 06-1-767-8262 számon, levélben a MP Zrt. 1900 Budapest címen. Külföldre és külföldön előfizethető a Magyar Posta Zrt.-nél: [www.posta.hu](http://www.posta.hu) WEBSHOP-ban (<https://eshop.posta.hu/storefront/>), 1900 Budapest, 06-1-767-8262, [hirlapelofizetes@posta.hu](mailto:hirlapelofizetes@posta.hu)

Egy szám ára: 1260 Ft. Dupla szám ára: 2520 Ft.

INDEX: 25 343 ISSN 0016-8572

A megjelent cikkek lektoráltak.

A kiadvány a Nemzeti Kulturális Alap támogatásával jelenik meg.

# TARTALOM

1. Dr. Darabos Anita: ..... 5 <i>A TERMÉSZETI ANALOGIÁK MEGFIGYELÉSE ÉS FELHASZNÁLÁSUK A FORMATERVEZÉSBEN</i>	8. Dr. Orbán Ferenc: ..... 36 <i>SÍKFALÚ TARTÁLYOK GAZDASÁGOS MÉRETEZÉSE</i>
2. Dóczy Martin Olivér, Dr. Simonovics János: ..... 8 <i>EGYEDI VÁPAKOSARAS RÖGZÍTÉS VÉGESELEMES MODELLJÉNEK ELKÉSZÍTÉSE</i>	9. Dr. Darabos Anita, Szalai Judit: ..... 39 <i>AZ EMBERI TRANSZFORMÁLÓDÁS A FORMATERVEZÉS ÉS TECHNOLÓGIAI VÁLTOZÁSOK TÜKRÉBEN</i>
3. Dr. Ecsedi István, Dr. Baksa Attila: ..... 12 <i>INHOMOGÉN, ANIZOTROP ELLIPSZIS KERESZTMETSZETŰ RUDAK SAINT- VENANT CSAVARÁSA</i>	10. Dr. Szirbik Sándor: ..... 43 <i>HIPERSZINGULÁRIS INTEGRÁLEGYENLETEK ELSŐRENDŰ FESZÜLTSGFÜGGVÉNYEKKEK L ALAKÚ ORTOTROP TEST PEREMÉN VÉGZETT FESZÜLTSGSZÁMÍTÁSRA</i>
4. Dr. Fodor Lóránt: ..... 16 <i>IPARI FORMATERVEZŐ A TERMÉKFEJLESZTÉSI TEAM MUNKÁBAN</i>	11. Dr. Szunyogh Gábor, Dr. Gáti József, Dr. Horváth Sándor: ..... 47 <i>A JENDRASSIK-FÉLE DIESEL-MOTOROK KÜLÖNLEGES MŰSZAKI MEGOLDÁSAI</i>
5. Dr. Hegedűs József: ..... 18 <i>AMIT AZ ÉRTÉKELEMZÉS RŐL MINDENKINEK TUDNIA KELL</i>	12. Vermes Brúnó, Dr. Czigány Tibor: ..... 51 <i>KOMPOZITOK ALAKVÁLTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI</i>
6. Dr. Horváth Sándor, Dr. Czifra Árpád: ... 28 <i>AKIT PATTANTYÚS-ÁBRAHÁM GÉZA A LEGNAGYOBB MAGYAR MÉRNÖKNEK NEVEZETT</i>	
7. Dr. Kiss Gábor, Tóth László, Berecz Csilla Éva: ..... 32 <i>AZ AUTONÓM JÁRMŰVEKBEN REJLŐ LEHETŐSÉGEK ÉS VESZÉLYEK</i>	

# A TERMÉSZETI ANALOGIÁK MEGFIGYELÉSE ÉS FELHASZNÁLÁSUK A FORMATERVEZÉSBEN

## THE OBSERVATION OF NATURAL ANALOGIES AND THEIR USE IN DESIGN

*Darabos Anita DLA, Egyetemi Adjunktus, BME Gép- és Terméktervező Tanszék  
darabos.anita@gt3.bme.hu*

### ABSTRACT.

We can turn to nature to find a solution to a problem or we can take its beauty as a sample. Moreover, we can make our objects more attractive by nature.

I would like to present 4 methods for the usage of natural analogy.

### 1. BEVEZETÉS

Thomas Heatherwick angol építész szerint „A legnagyobb tárgy az épület”.

A természet problémamegoldó képessége rendkívüli - „A természet jobban tudja”, hat ránk befolyásolja a tudatalattinkat. Megfigyelhetjük, hogy ötletet merítsünk egy problémánk megoldásához vagy mintának vehetjük a szépségét, tárgyaink vonzóbbá tételéhez, sőt magával természettel is „gyártathatunk” terméket.

A természeti analógiák felhasználására négy általam megfigyelt módszert ismertetnék.

### 2.A TERMÉSZET NEM TUDATOS HASZNÁLATA, ÖRÖKLETES INFORMÁCIÓ, ÖSZTÖNÖSEN NEMZEDÉKRŐL NEMZEDÉKRE ÖRÖKLITETT TUDÁS.

Átöröklött anyagismereti és megmunkálási szokások figyelhetők meg. Fontosak mert az életben maradási folyamat részei, az élettér és az utódok védelmével kapcsolatosak. Példaként az állati és az emberi agyag építményeket hasonlítom össze.



1-2. ábra. madárfészkek



3. ábra. afrikai sár építmény

1./ Darázs-fészek, Lopódarázs: Agyagból formál, építményt a lopódarázs három nap alatt építi meg a kúp alakú házat. Sárcomókat szállít, csík alakban elsimítja őket soronként. Mire a következő agyag mennyiséget meghozza az előző már elég szilárd a hozzáépítéshez. Az agyagból készült kiszáritott építményt megtölti csonkolt pókokkal, melyek mellé behelyezi utódja lárváját, majd gondosan befalazza a bejáratot.

2./ Fecskefészek: ha fordított helyzetbe, nézzük formai azonosság jobban látható.

3./ A kameruni törzsek kunyhói a mai napig fennállnak. Szilárdan rögzített vázukat faágakból készítik, és agyagréteggel vonják be. Az egyes épületek belső átmérője 3-4 m közötti.



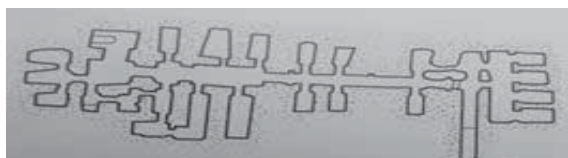
4-7. ábra Lopódarázs fészkeképítésének fázisai

A három különböző egyed /fecske, darázs, ember/ estében, azonos az építő anyag ismerete és felhasználási módja. A szállítás módja természetesen eltér a különböző fajok eltérő mérete és testfelépítése miatt, amely a kivitelezés megoldásának módosulását is eredményezi. A fecske a csőrében, darázs a szájüregében, ember kezében szállítja az

agyagpépet az építéshez, építményük mégis feltűnő hasonlóságot mutat.

### 3. ELTANULT FOLYAMAT, MEGFIGYELT ÉSZREVETT JELENSÉG, ÖTLETADÓ MEGOLDÁS VALAMI PROBLÉMÁRA.

Erre az esetre egy szemléletes példát az ókori Egyiptomban találtam. Az Egyiptomi építészek sírkamráinak térképe és a Szú táplálkozási furata meghökkentő egyezéseket mutat. Érdekes hogy az embernél ez egy végső nyughely, amely ugyanakkor az ókori egyiptomiak hite szerint egy új élet kiindulása, bölcsője. Párhuzamot vonva, a rovar esetében a kirágott csatornák egyben lakó üregek és az utódok bölcsői, útra bocsátó járatai is. A nagyfokú hasonlóság miatt feltételezem, hogy az építő emberek természeti analógiaként, tudatosan mintaként tekintettek a Szú rágványaira, annak praktikus kialakítását felhasználták a fűrt alagutak tervezésénél. Valószínű, hogy nem csak a rajzolat, hanem az egyes csatornák elkészítésének sorrendje is fontos volt a kitermelt anyag elszállítása miatt.



8-9. ábra. Saqqara 3080 számú sír 1-2. din. i.e. 3100 – 2650.



10-12. ábra. Szú rágta fafelület, táplálkozás és egyben bontás - építés.

Szú rágta fafelület, táplálkozás és egyben bontás - építés. Minden szűféle saját mintája, saját stílusa szerint épít, illetve rág és ettől csak akkor tér el, ha ezt bizonyos akadályok megkívánják, például, ha szomszédos rágványok menetei közel esnek és így kénytelenek azokat más irányban folytatni. Néhány szűfajta: szilfa nagy és kis kéregszújánál (*Scolytus scolytus* F. és *Sc. multistriatus* Marsh.) az anyamenet párhuzamosan halad, tölgykéreg szű (*Sc. intricatus* Ratz.) anyamenete vízszintes irányban halad.

### 4. A TERMÉSZETI SZÉPSÉG VISSZATÜKRÖZŐDÉSE A TERVEZŐ TUDATÁBAN.

A forma és a színek egysége nagyon fontos egy termék esetében. Ez a dizájn határozza meg az eladhatóságot attól függően, hogy tetszést tud e aratni, van e benne harmónia. A megítélést erősen szubjektív elemek befolyásolják és sok esetben a döntést a tudatalattink hozza meg. Az ember, mint a természet gyermeke, zsigereiben, ha úgy tetszik, a tudatalattijában hordozza a természet harmóniáját, akkor is, ha már többnyire társadalmi környezetben éli mindennapjait. Tehát azokat a dolgokat látja többnyire szépnek, amelyek valamely természeti képre emlékeztetik. Tervezőként érdemes erre odafigyelni és tudatosan lehet keresni olyan természeti formákat, színeket és kombinációkat melyek absztrakt megfogalmazásával saját stílus alakítható ki. Az ilyen módon, a természetből vett minták nagyobb tetszést váltanak ki az emberekből és így a tervező is sikeresebb tud lenni. A természeti törvényszerűség képi megjelenése, rendszere melyet azonnali átvétellel, alkotói stílussá, vagy alkotó ismertető jegyé, azonosítójává válik.

Példaként, Zaha Hadid munkásságát említeném. Iraki születésű építész, aki az Egyesült Királyságban élt és alkotott. 2004-ben Pritzker – díj első női díjazottja lett. 2010 –ben a brit királyi akadémia Stirling- díjjal tüntette ki, a romai MAXXI múzeumért. Ő a Biomorf építészet egyik nagy egyénisége.

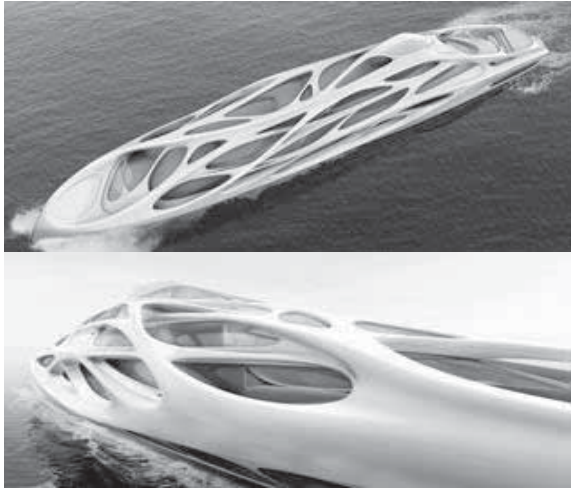
Sajátos és jól felismerhető egyéni karaktert hozott létre, melynek alap analógiáját a jég egyik megjelenési formájában vélem felfedezni.

A Ferenc József-gleccser a Déli-Alpokban, Új-Zéland déli szigetén, jégmasszívum- hasadékok. Melyek a meredek völgybe alázuhananak, rések keletkeznek, és ez által megnyúlnak. A hasadékok csak 30 m mélyek, ez alatt a jég már nem képes meghasadni, mert a rárakódó rétegek nyomása alatt képlékenyen viselkedik.

Néhány összehasonlító képpel a gleccser és Zaha Hadid alkotásait mutatom be.



13. ábra. Ferenc József-gleccser a Déli-Alpokban, Új-Zéland déli szigetén

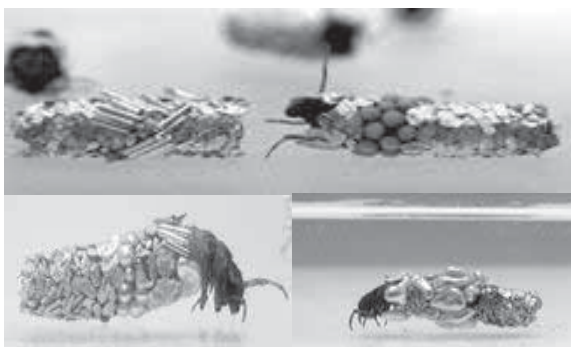


14-15. ábra. Zaha Hadid szuper jacht terve

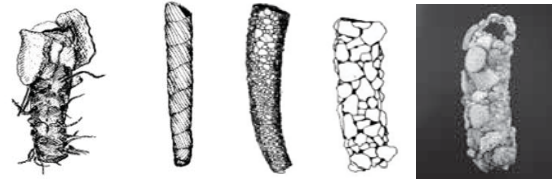
## 5. „A TERMÉSZET NEKÜNK DOLGOZIK”

Ez talán a legextrémebb módja a természeti analógia felhasználásának. Olyan speciális eset, amikor az ember nem csak megfigyelte és átalakította az információt, hanem magában a természetben lejátszódó folyamatot használ ki. Megfigyelés és alkalmazás, mint „HÁZIÁLLAT”. Az alkalmazott lény már ártírt, anyaghasználattal, az emberi világba áthelyezve alkot. Ebben az esetben „KIHASZNÁLT” analógia, és természeti alany figyelhető meg.

Egy francia képzőművész, Hubert Duprat kísérlete művészi építmények 2007- benn. Két évet töltött azzal, hogy kikísérletezze a tegzeske mesterséges terét és abban az ő által meghatározott alapanyagból építkezésre ösztönözze a tegzeskét. Csak kristálytiszt vízben épít, mindig a környezetben fellelhető anyagból. Teste lágy részének védelmére, elrejtésére bábót épít. Befolyásolt környezet, arany és féldrágakövek. A művész a tegzeske által létrehozott arany építményeket egy francia ékszer aukción állította ki. Tegzeslárva (*Trichoptera*) talált aranyból, igazgyöngyből épít [https://youtu.be/jID1\\_GwxiE0](https://youtu.be/jID1_GwxiE0)



16-18. ábra. Tegzeske lárvája, építménye, ember által befolyásolt építménye



19-20. ábra. Tegzeske eredeti alapanyagú építményei

Az általam négy kategóriába gyűjtött módszereket elsősorban a termék tervezők számára használható módon állítottam össze. Az analógiák megfigyelésének és sajátos alkalmazásuk módjainak szabályait rendszereztem ebből a szempontból. Természetesen több módszer is létezik, de módszertől függetlenül minden kutatás arra irányul, hogy ellessen és felhasználja azt a tudást és információt, amit a természetes evolúció évmilliók alatt felhalmozott és tálcán kínál nekünk... csak észre kell vennünk.

"A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Emberei Erőforrások Minisztériuma által meghirdetett Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program támogatta, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Mesterséges intelligencia (BME FIKP- MI) tématerületi programja keretében."

## 6. IRODALOM

- [1] Darabos Anita: Növényi építészet, állati építészet, természeti építmények DLA értekezés 2016 Pécs  
Breuer Marcell Doktori Iskola
- [2] Darabos Anita: Útmutató. Géptervezők és Termékfejlesztők XXXII. Szemináriuma. Miskolc, 2016.
- [3] Jodidio, Philip: Zaha Hadid, Taschen GmbH, 2016
- [4] James Wines: Green Architecture, Tashen, London, 2008.
- [5] Móczár László: Rovar bölcsők, Gondolat Kiadó Bp. 1987.

# EGYEDI VÁPAKOSARAS RÖGZÍTÉS VÉGESELEMES MODELLJÉNEK ELKÉSZÍTÉSE

## FINITE ELEMENT MODELING OF A CUSTOM MADE ACETABULAR CAGE

*Dóczi Martin Olivér, MSc hallgató, [doczimartin95@gmail.com](mailto:doczimartin95@gmail.com),  
Dr. Simonovics János, adjunktus, [janos@simonovics.hu](mailto:janos@simonovics.hu)*

### ABSTRACT

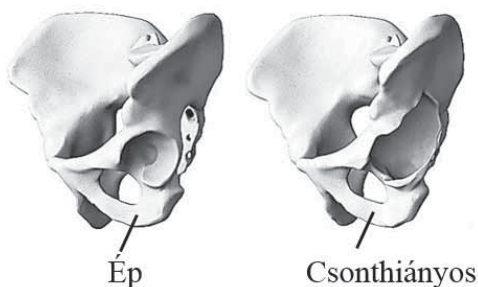
A custom made acetabular cage's CAD geometry was designed based on Computed Tomography images using their Hounsfield Unit values. This model was used as an input geometry for further finite element model preparation, where several relevant clinical and biomechanical literature data were implemented.

### 1. BEVEZETÉS

#### 1.1. Klinikai áttekintés

A csípőízületi porckopás előrehaladott állapotát tartós megoldásként teljes csípőimplantátummal orvosolják. Ekkor a combcsont fejtét eltávolítják és egy gömbfejjel rendelkező szárát, a medencébe pedig egy jó siklási tulajdonságú betéttel rendelkező mesterséges vápát ültetnek be. A láb fájdalommentes mozgathatóságát így visszanyeri a páciens, azonban számolni kell azzal, hogy az implantátumnak egyes részeit vagy egészét cserélni kell (jellemzően 10-20 éven belül), azaz revíziós műtétet kell végrehajtani. [1]

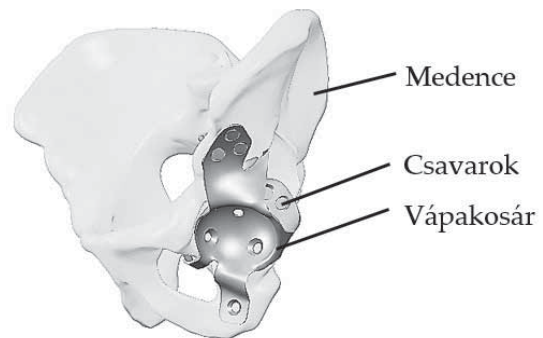
A csontleépülés egyik viszonylag ritka, de igen súlyos esete, amikor a mesterséges vápa a terhelések hatására elkezd felfelé és a test középpontja felé elmozdulni és a medencén igen súlyos, kiterjedt csonthiányok alakulnak ki. Az eredeti csípőízületi forgáspont visszaállításához nagy problémát kell megoldania a klinikai szakembereknek. [2] Erről kép az 1. ábrán látható.



1. ábra. Ép és csonthiányos medence vápa

#### 1.2. Vápakosaras rögzítés numerikus vizsgálata

Dr. Szódy Róbert ortopéd-traumatológus főorvos és társai három esetben a páciensek csonthiányaihoz illeszkedő, lemezalkatrészből készült, egyedi formára hajlított vápakosaras rögzítést alkalmaztak. Ezek egyikéről kép a 2. ábrán látható. Ezzel a páciensek ismét járóképesé váltak. [3]



2. ábra. A vizsgált vápakosaras rögzítés

Dr. Szódy Róbert vetette fel ezen revíziós esetek végeसेlemes vizsgálatának lehetőségét. Bár van hasonló témában végeसेlemes publikáció, [4] ilyen jellegű kutatás alapvetően nem gyakori a szakirodalomban.

Összefoglalva tehát az egyik páciensbe ültetett 2. ábrán is látható rögzítési rendszer biomechanikai végeसेlemes vizsgálatát végezzük a szilárdsági állapot (elmozdulások, feszültségek, feszültséggyűjtő helyek) meghatározására. A cikkben ezen végeसेlemes modell elkészítésének menetéről lesz szó, bemutatva a modellezés mögött rejlő megfontolásokat.

### 2. GEOMETRIAI MODELLEK ELKÉSZÍTÉSE

A végeसेlemes modell elkészítéséhez elsőként a CAD (Computer Aided Design) geometriát kellett előállítani.

A geometriai modellek elkészítéséhez szükséges információforrás a páciensről készült CT (Computer Tomográfia) felvételei voltak, a vápakosár beültetése előtti, valamint a beültetés



utáni állapotában. Más szavakkal, a digitalizált geometria (ideértve a medencét és a vápakosaras rögzítést csavarjaival együtt) egy transzmissziós eljárással láthatóvá tevő, orvosi képképző eljárással készült felvételsorozaton állt rendelkezésre. Ebből kellett elkészíteni a CAD modelleket, azaz első körben a feladat egy visszamodellezési (reverse engineering) probléma megoldása volt.

A Computer Tomográfia során többirányú röntgensugárzást detektorokkal érzékelve háromdimenziós felvételsorozat keletkezik, amivel a test belsejében lévő részek is feltérképezhetők. Ez voxelekből áll, melyekhez az adott térfogatrészek sugárgyengítését kifejező szűrkeségi értékek vannak hozzárendelve. A szűrkeségi érték mértékegysége a Hounsfield-egység (Hounsfield Unit, HU). Fontos kiemelni, hogy a gépészetben előforduló reverse engineering problémákkal szemben ebben az állapotban nem egy térbeli geometria ponthalmazról vagy háromszöghálóról van szó. Ezek előállítására úgynevezett szegmentálást kell alkalmazni, vagyis rétegről rétegre elkülöníteni a felvételeken a releváns részeket, és majd ezek burkológeometriája menthető ki egy egyezményes fájlformátumban, ami lehetővé teszi a programok közti átjárást. Ehhez segítséget nyújt a szűrkeségi érték, ugyanis sűrűbb anyagok sugárgyengítési képessége nagyobb, így HU értéke is nagyobb. A szűrkeségi érték és az anatómiai ismeretek alapján történt a vápakosaras rögzítés és a medence elkülönítése a CT felvételen látható környező szövetektől és egyéb csontoktól. Ezt a technikát az orvosi területen ablakozásnak nevezik. Az anatómiai ismeretekre azért van szükség ilyenkor, mert pusztán például a csontra jellemző HU tartományra (~100-3000 HU) szűrve számos olyan voxel is kijelölésre kerül, illetve nem kerül bele a kijelölésbe, amik nem tartoznak a vizsgálat tárgyához, vagy éppen figyelembe kellene venni. Éppen ezért ezt az automatikus kijelölést minden esetben ellenőrizni kell és szükség esetén felülbírálni.

Ennek a szegmentálási munkának az egyik részeredményét, a csonthiányos medence egy részének poligonhálóját „.stl” formátumban Dr. Manó Sándor szegmentálta és bocsátotta rendelkezésünkre, [3] a többi tárgyalta részt mi szegmentáltuk. A poligonháló simításához, hibáinak javításához az Autodesk Meshmixer nevű programot használtuk.

A műtét előtti valamint a műtét utáni CT felvételek sajnos nem fedték le egészen a medencét, összességében a jobb felső része egyik felvételen sem volt megtalálható. Annak érdekében, hogy a páciens ne kelljen pusztán a

kutatás miatt további sugárterhelésnek kitenni, ennek megoldására az emberi test hozzávetőleges szimmetriáját használtuk fel. A test függőleges szimmetriájára tükrözve a medence bal felső részét, a jobb oldali hiányzó rész is létrehozható lett ezáltal. A felületillesztést a CATIA nevű programban hajtottuk végre, helyenként nagy felületfoltokat létrehozva, hogy a végeeselemes modell preprocesszálása könnyebb legyen a CAD geometriából.

A vápakosár szintén felületmodellezési technikával készült. A vápakosár éle mentén futó tartógörbék felvételével készült először a felületmodell, majd pedig ennek megvastagításával a testmodell. A lehetséges feszültséggyűjtő helyeken lekerekítéseket is létrehoztunk, hogy a feszültségmező ne legyen szinguláris, továbbá testmodellezési eljárással a furatok és a lemezalkatrész alakajátosságok is modellezve lettek.

A csavarok szintén testmodellezési eljárással készültek. Itt ezek menetes részükön egyszerűsített hengeres geometriát kaptak. A CT felvételen kinyert poligonhálóból pusztán a csavarok beültetési helyzetbe való pozícionálása történt, ezenkívül a terhelésátadásban még lényeges gömbfej geometria került bemodellezésre. Végül a valós beültetési viszonyoknak megfelelően az egész rendszert összeillesztettük. Mivel itt már testmodellek szerepeltek, ezekkel logikai műveleteket végeztünk, létrehozva ezzel az összeállítási modellt. Ennek robbantott ábrája a 3. ábrán látható. A továbbiakban az ebből készült végeeselemes modell bemutatása következik.



3. ábra. A geometriai modell részei

### 3. VÉGESELEMES MODELL

A végeselemes modell preprocessálásához az Altair HyperWorks csomag HyperMesh végeselemes modellezőjét használtuk.

#### 3.1. Végeselemes háló

A kutatás elsősorban a lemezalkatrész vápakosárban statikus terhelésre kialakuló feszültségek meghatározására fókuszál. Éppen ezért lokális hálósűrítést a vápakosáron alkalmaztunk, a lehetséges feszültséggyűjtő helyeken. Az egész modell 10 csomópontos kvadratikus tetraéder elemekből áll. Összességében mintegy 214 ezer csomópontból és 117 ezer elemből beszélhetünk a modellben.

#### 3.2. A medence anyagának modellezése

A medence a lapos csontok családjába tartozik, külsejét vékony, változó vastagságú (pár milliméteres) tömör csontállomány borítja, belül pedig szivacsos csont található. Ezzel a medence anyaga heterogén, de az anyagjellemzői még ezen különböző tartományokon belül is inhomogenitást mutatnak. Ennek okán a szakirodalomnak megfelelően mi is CT alapú anyagmegfeleltetést alkalmaztunk. [5]

Korábban említésre került, hogy a sűrűbb anyagok sugárgyengítési képessége nagyobb, így a CT felvételen a tartományukat lefedő voxelek szűrkeségi értéke is magasabb. A csont sűrűsége és szűrkeségi értéke között a kapcsolat lineárisnak vehető. Ha a CT felvétel készítése közben ugyanazon gépbeállításokkal ismert sűrűségű mintákról is készítenek felvételeket, lehetőség van az együtthatók ( $\alpha$ ,  $\beta$ ) meghatározására ((1)-es egyenlet). [5]

$$\rho = \alpha + \beta \cdot HU \quad (1)$$

A csont sűrűsége és rugalmassági modulusa között hatványfüggvény kapcsolat figyelhető meg a (2)-es egyenlet szerint, ahol a, b, c szintén mérésekkel meghatározható (például nyomóvizsgálat), vagy irodalmi adatokból származó konstansok. [6]

$$E = a + b \cdot \rho^c \quad (2)$$

Az anyagmegfeleltetés szoftveresen a Bonemat nevű szoftverrel történt. [4] Ebben a medence végeselemes hálóját egy közös virtuális térbe kellett helyezni a CT felvétellel, hogy fedjék egymást. Ekkor az egyes elemek tartományán jellemzően több, eltérő szűrkeségi értékű voxel helyezkedik el. Beállítható, hogy az elem térfogatára egy átlagos szűrkeségi értéket számoljon és a tárgyalat együtthatók megadása után közvetlenül ebből rendelje az elemhez a

rugalmassági modulusát, vagy a voxelekből először kiszámított rugalmassági modulusát átlagolja ki az adott elemre. Az elemek izotrópok, de a medence így összességében heterogén anyagjellemzőkkel bír. A Poisson-tényezőt egységesen rendeli mindegyik elemhez. A kimeneti formátum lehet egy *Abaqus input fájl*, melyet számításokhoz használt Optistruct megoldó input fájlá fordítottunk a HyperMesh segítségével.

Esetünkben nem álltak rendelkezésre összehasonlító mérési eredmények mellyel a pontos kalibráció megvalósítható lett volna, ehelyett a szoftver alapbeállításával dolgoztunk. Ez előtanulmányi szinten jó közelítést adott, mert ekkor is a tömör csontállomány esetében a szakirodalomhoz hasonló rugalmassági modulus értékű elemek jöttek létre.

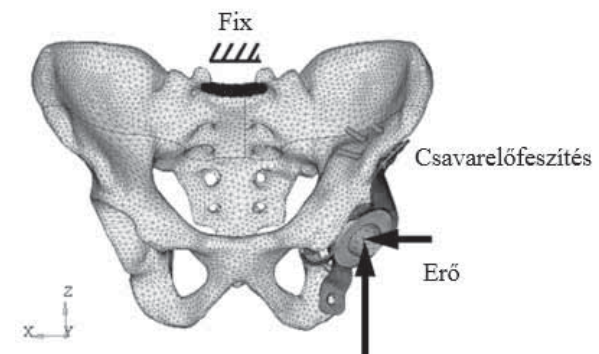
A vápakosár, a csavarok és a gömbfej acél anyagként, homogén, lineárisan rugalmas, izotróp anyagtulajdonságokkal rendelkeznek. Ez az acél anyagokra általános elfogadott közelítés. A vápakosár (mint hengerelt lemezből készült alkatrész) anizotrópiája (hengerlési irányra merőleges és azzal egyirányú anyagirányok) inkább a folyáshatárban és a szakítószilárdságban jelenik meg. A polietilén betét esetén szintén ezek az anyagtulajdonságok. Az anyagjellemzőket összefoglaló táblázat az 1. táblázat.

1. táblázat. Az alkalmazott anyagjellemzők

	E [GPa]	$\nu$ [1]
Csont (medence)	0,1-15	0,3
Acél(vápakosár, csavarok, gömbfej)	210	0,3
XLPE (betét)	1	0,4

#### 3.3. Peremfeltételek, kontakt kapcsolatok, terhelések

A végeselemes modell vázlatosan a 4. ábrán látható.



4. ábra. A végeselemes modell

Peremfeltételként a keresztcsont felső részét fogtuk meg, az itteni csomópontok elmozdulást minden irányban meggátoltuk. [7]

A modell a műtét rögzítés, azaz a csavarelőfeszítések hatását is tartalmazza mely a főterhelés előtt lép működésbe. A csavarelőfeszítés nagysága csavaronként 100 N volt.

A továbbiakban a részek közötti peremfeltételeket ismertetem. A terhelés a gömbfej középpontjában hat. Ez a gömbfej enyhén súrlódásos kontakt kapcsolattal adja tovább a terhelést a betétnek. A betét ragasztott (relatív elmozdulást gátló) kapcsolatban áll a vápakosárral, (a valóságban ténylegesen be van oda ragasztva). A vápakosárról egyrészt a medencével érintkező részein súrlódásos kontakttal, alakzáró kötéssel adódik át a terhelés, a csavarok környékén a csavarelőfeszítés miatt erővel záró kapcsolat is kialakul, furatainál néhány helyen a csavarok szárán is felütkeznek. A csavarok a hengeres geometriával helyettesített menetes részükön ragasztott kapcsolattal szintén a medencének adják tovább a terhelést. A medence részei ragasztott kapcsolatban állnak egymással, modellezve ezzel a medence, mint csont anyagfolytonosságát. A csont-fém jellegű súrlódásos kontaktot 0,3-as, a fém-fém súrlódási jellegű kontaktokat 0,23-as súrlódási tényezővel vettük figyelembe. [8] A betét és a gömbfej között ugyan jó siklási tulajdonságok vannak, a numerikus stabilitás miatt 0,05-ös súrlódási tényező található ezen felületek között.

A vápakosarat az életvitelhez tartozó mozgásokból származó erők terhelik.

A mozgások során ezek nemcsak nagyságukban, hanem irányukban is változnak. A szakirodalomból rendelkezésre állnak mért adatok átlagos páciensre vonatkoztatva, testsúlyszázalékban kifejezve, hogy mekkora erők lépnek fel az életviteli terhelések hatására. [9] A vizsgálandó terhelések: járás, leülés, felállás, egy lábon állás, lépcsőn való fel- és lelépés, térdhajlítás. A terhelő erő nagyságának megállapításához ezen életviteli terhelésekből kell kiválasztani a mértékadókat.

## 5. ÖSSZEGZÉS, TOVÁBBHALADÁS

A vápakosaras rögzítés ezen vége-selemes modellje előtanulmányként is szolgál egy fejlesztendő implantátumnak.

A modell alapja a páciens CT felvételei voltak, így ez egy páciens specifikus modellnek tekinthető, mind a vápakosaras rögzítés geometriáját, mind pedig a medence vége-selemes anyagmodellezését tekintve. A medencén létrehozott vége-selemes háló elemenként eltérő

anyagjellemzőivel így alapot nyújt a további vizsgálatokhoz.

A fő (mértékadó) terhelések meghatározásához evolutív számítások elvégzése van kilátásban, mellyel az ellenőrzésre szolgáló terhelési esetek száma is lecsökken. Ezenkívül a modell jó alapokat nyújt a vápakosár koncepcionális tervezéséhez szükséges topológiai optimalizáláshoz, amit szintén majd a mértékadó terhelésvektorok segítségével lehet elvégezni.

## 6. IRODALOM

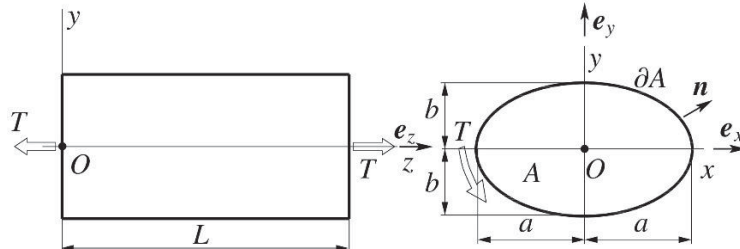
- [1] Hip, knee and shoulder arthroplasty annual report (2016)  
<https://aoanjrr.sahmri.com/documents/10180/275066/Hip%2C%20Knee%20%26%20Shoulder%20Arthroplasty>  
2017.12.14. 23:39
- [2] Bejek Z. - Lakatos J. — Szendrői M. (2013): Váparekonstrukciós lehetőség kiterjedt os illi defektus esetén revíziós műtétekben.  
<https://matrokplaszt.files.wordpress.com/2014/08/04-bejek2.pdf>  
2018.10.12. 14:07
- [3] Szödy R. és társai (2017): Csípőprotézis revíziókor alkalmazott „custom made” vápakosár tervezés és készítése, három esetben alkalmazott eljárás. Konferenciaközlemény. VII. Magyar Biomechanikai Konferencia. Szeged, 2017. október 6 - 7.
- [4] Plessers, K. – Mau, H. (2016): Stress Analysis of a Burch-Schneider Cage in an Acetabular Bone Defect: A Case Study. *Reconstructive review* 6 (1): 37-42
- [5] Taddei, F. et al. (2007): The material mapping strategy influences the accuracy of CT-based finite element models of bones: An evaluation against experimental measurements. *Medical Engineering & Physics* 29 (9): 973-979
- [6] Helgason, B. et al. (2008): Mathematical relationships between bone density and mechanical properties: A literature review. *Clinical Biomechanics* 23 (2): 135-146
- [7] Watson, P. – Dostanpor, A. - Fagan, M. – Dobson, C. (2017): The effect of boundary constraints on finite element modelling of the human pelvis. *Medical Engineering & Physics* 43: 48-57
- [8] Chih-Wei Chang et al. (2014): Role of the compression screw in the dynamic hip-screw system: A finite-element study. *Medical Engineering & Physics* 37 (112): 1174-1179
- [9] Bergmann, G. et al. (2001): Hip contact forces and gait patterns from routine activities. *Journal of Biomechanics* 34 (7): 859-891

# INHOMOGÉN, ANIZOTROP ELLIPSZIS KERESZTMETSZETŰ RUDAK SAINT-VENANT CSAVARÁSA

## SAINT-VENANT TORSION OF ANISOTROPIC NONHOMOGENEOUS ELLIPTICAL CROSS SECTIONS

*Ecsedi István, Professor Emeritus, Miskolci Egyetem, Műszaki Mechanikai Intézet;  
Baksa Attila, egyetemi docens, PhD, Miskolci Egyetem, Műszaki Mechanikai Intézet*

**ÖSSZEFOGLALÁS (ABSTRACT).** The present paper deals with the Saint-Venant torsion of non-homogeneous Cartesian anisotropic elliptical cross section. Closed form formulae are given for the torsion function, shearing stresses, torsional rigidity and warping rigidity. The dependence of the torsion function, shearing stresses, torsional rigidity and warping rigidity from the directions of principal axis of orthotropy are also analysed.



1. ábra. Tömör ellipszis keresztmetszetű rugalmas rúd

Az ellipszis keresztmetszet határgörbéjének egyenlete az  $Oxy$  keresztzeti koordináta-rendszerben

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1, \quad (1)$$

ahol  $a$  és  $b$  az ellipszis főtengelyeinek hosszát jelöli. Ismeretes, hogy anizotrop keresztmetszetre a Hooke törvény szerint, a  $\tau_{xz}$ ,  $\tau_{yz}$  csúsztató feszültségek a  $\gamma_{xz}$ ,  $\gamma_{yz}$  nyírási alakváltozások kapcsolatát az alábbi egyenletek írják le [1,2,3,4,6]

$$\begin{aligned} \tau_{xz} &= A_{55}(x, y)\gamma_{xz} + A_{45}(x, y)\gamma_{yz}, \\ \tau_{yz} &= A_{45}(x, y)\gamma_{xz} + A_{55}(x, y)\gamma_{yz}, \end{aligned} \quad (2)$$

ahol  $A_{55}, A_{44}, A_{45}$  az anizotrop, inhomogén rugalmas anyagú rúd nyírási rugalmassági állandói. A tanulmány az alábbi típusú inhomogenitással foglalkozik

$$A_{ij} = f \left( \sqrt{\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2}} \right) a_{ij} \quad (i, j = 4, 5), \quad (3)$$

illetve  $a_{45} = a_{54}$ . Itt  $f$  egy tetszőleges legalább egyszer folytonosan differenciálható pozitív értékű egyváltozós függvény, továbbá  $f$  dimenziótlan. Ismeretes, hogy [5,7]

### 1. BEVEZETÉS

Az 1. ábra szemlélteti a vizsgálat tárgyát képező rugalmas anizotrop, inhomogén anyagú tömör ellipszis keresztmetszetű rudat.

$$\gamma_{xz} = \varrho \left( \frac{\partial \omega}{\partial x} - y \right), \quad \gamma_{yz} = \left( \frac{\partial \omega}{\partial y} + x \right), \quad (4)$$

ahol  $\varrho$  a keresztmetszetek fajlagos elcsavaródását jelöli,  $[\varrho] = \text{rad/m}$ ,  $\omega = \omega(x, y)$  pedig az ellipszis keresztmetszet csavarási függvénye. A fajlagos elcsavaródás és az alkalmazott csavarónyomaték kapcsolatát a

$$T = \varrho S \quad (5)$$

egyenlet írja le, ahol  $S$  a keresztmetszet csavarási merevsége [1,2,3,4]. Jelen feladatra a mechanikai egyensúly egyenletei az alábbi alakban írhatók [6,7]:

$$\frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} = 0 \quad (x, y) \in A, \quad (6)$$

$$\tau_{xz} n_x + \tau_{yz} n_y = 0 \quad (x, y) \in \partial A,$$

$$T = \int_A (x\tau_{yz} - y\tau_{xz}) dA, \quad (7)$$

ahol  $A$  az ellipszis alakú tartományt,  $\partial A$  pedig az  $A$  tartomány határgörbét jelöli, valamint  $n_x$ ,  $n_y$  az ellipszis alakú határgörbe normális vektorának a koordinátáit jelöli. Egyszerű számolással igazolható, hogy

$$n_x = \frac{x}{a^2}, \quad n_y = \frac{y}{b^2}, \quad (x, y) \in \partial A, \quad (8)$$

ahol  $n_x^2 + n_y^2 \neq 1$ . A (2), (3) és (6) egyenletek kombinálásával kapjuk a csavarási függvény meghatározó peremérték feladatot:

$$f \left( \sqrt{\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2}} \right) \left[ a_{55} \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + 2a_{45} \frac{\partial^2 \omega}{\partial x \partial y} + a_{44} \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} \right] + f' \left( \sqrt{\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2}} \right) \left\{ x \left[ a_{55} \left( \frac{\partial \omega}{\partial x} - y \right) + a_{45} \left( \frac{\partial \omega}{\partial y} + x \right) \right] + \right. \quad (9)$$

$$\left. \frac{y}{b^2} \left[ a_{45} \left( \frac{\partial \omega}{\partial x} - y \right) + a_{44} \left( \frac{\partial \omega}{\partial y} + x \right) \right] \right\} = 0, (x, y) \in A, \\ \frac{x}{a^2} \left[ a_{55} \left( \frac{\partial \omega}{\partial x} - y \right) + a_{45} \left( \frac{\partial \omega}{\partial y} + x \right) \right] + \frac{y}{b^2} \left[ a_{45} \left( \frac{\partial \omega}{\partial x} - y \right) + a_{44} \left( \frac{\partial \omega}{\partial y} + x \right) \right] = 0, (x, y) \in \partial A. \quad (10)$$

A (9) egyenletben alkalmaztuk az  $f'(\lambda) = \frac{df}{d\lambda}$  jelölést. Közvetlen behelyettesítéssel igazolható, hogy a fenti Neumann típusú peremértékfeladat megoldása az alábbi függvény

$$\omega(x, y) = \frac{a_{55}b^2 - a_{44}a^2}{a_{55}b^2 + a_{44}a^2} xy - \frac{a_{45}}{a_{55}b^2 + a_{44}a^2} (b^2x^2 - a^2y^2) + C. \quad (11)$$

Itt  $C$  egy tetszőleges állandó, értéke a rúd  $z$  tengely irányú merevtestszerű eltolódásával kapcsolatos, értéke önkényesen megválasztható, nincs hatással a rúd deformációjára. Jelen dolgozatban  $C=0$  választást használjuk. A (2), (4) és (10) egyenletekből nyerjük a csúsztató feszültségeket

$$\tau_{xz} = -2\vartheta f \left( \sqrt{\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2}} \right) \frac{a_{44}a_{55} - a_{45}^2}{a_{55}b^2 + a_{44}a^2} y, \quad (12) \\ \tau_{yz} = 2\vartheta f \left( \sqrt{\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2}} \right) \frac{a_{44}a_{55} - a_{45}^2}{a_{55}b^2 + a_{44}a^2} x.$$

Az (5) és (7) egyenletek felhasználásával kapjuk az  $S$  csavarási merevség képletét

$$S = 4\pi \frac{a_{44}a_{55} - a_{45}^2}{a_{55}b^2 + a_{44}a^2} a^3 b^3 \int_0^1 \lambda^3 f(\lambda) d\lambda. \quad (13)$$

A (13) képlet levezetésénél az alábbi koordináta-transzformációt használtuk

$$x = \lambda a \cos t, \quad y = \lambda b \sin t, \quad (14) \\ dA = \lambda ab d\lambda dt, \quad 0 \leq \lambda \leq 1, \quad 0 \leq t \leq 2\pi.$$

Homogén anizotrop keresztmetszetre azt kapjuk a (13) képletből, hogy

$$S = \frac{a_{44}a_{55} - a_{45}^2}{a_{55}b^2 + a_{44}a^2} a^3 b^3 \pi, \quad (15)$$

hiszen ez esetben  $f(\lambda)=1, 0 \leq \lambda \leq 1$ . A vonatkozó irodalom [2,3,4,7] a (13) formulát homogén anizotrop keresztmetszet esetében a csavarási feladat Prandtl feszültség függvényére épített megoldásából vezeti le a

$$k_{44} = \frac{a_{55}}{a_{44}a_{55} - a_{45}^2}, \quad k_{55} = \frac{a_{44}}{a_{44}a_{55} - a_{45}^2} \quad (16)$$

nyírási hajlékonysági együtthatók függvényében

$$S = \frac{a^3 b^3 \pi}{k_{44} b^2 + k_{55} a^2} \quad (17)$$

alakban.

## 2. CSAVARÁSI MEREVSÉG ELEMZÉSE

2.1. Feladat az adott területű azon anizotrop ellipszis keresztmetszet geometriai adatainak meghatározása, amelyekhez a maximális csavarási merevség tartozik. E feladat megoldásához az alábbi szélsőérték probléma kapcsolódik, keresendő

$$\max_{\tilde{a}, \tilde{b}} 4\pi \frac{a_{44}a_{55} - a_{45}^2}{a_{55}\tilde{b}^2 + a_{44}\tilde{a}^2} \tilde{a}^3 \tilde{b}^3 F = 4\pi \frac{a_{44}a_{55} - a_{45}^2}{a_{55}b^2 + a_{44}a^2} a^3 b^3 F \quad (18)$$

megoldása, feltéve, hogy  $\tilde{a}\tilde{b}\pi = A$ , ahol  $A$  a keresztmetszeti terület értékét jelöli. A (18) egyenletbe bevezettük az

$$F = \int_0^1 f(\lambda) \lambda^3 d\lambda. \quad (19)$$

jelölést. A fenti szélsőérték probléma megoldása

$$a = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \sqrt[4]{\frac{a_{55}}{a_{44}}}, \quad b = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \sqrt[4]{\frac{a_{44}}{a_{55}}}, \quad (20) \\ S_{\max} = \frac{2(a_{44}a_{55} - a_{45}^2) A^2}{\sqrt{a_{44}a_{55}}} \frac{F}{\pi}.$$

A (20)<sub>1,2</sub> képletek segítségével igazolható, hogy jelen esetben

$$\omega(x, y) = \frac{a_{45}(a_{55}y^2 - a_{44}x^2)}{2a_{44}a_{55}}, \\ \tau_{xz} = -\vartheta f \left[ \left( x^2 \sqrt{\frac{a_{55}}{a_{44}}} + y^2 \sqrt{\frac{a_{44}}{a_{55}}} \right) \frac{T}{\pi} \right] \frac{a_{44}a_{55} - a_{45}^2}{a_{44}} y, \quad (21) \\ \tau_{yz} = \vartheta f \left[ \left( x^2 \sqrt{\frac{a_{55}}{a_{44}}} + y^2 \sqrt{\frac{a_{44}}{a_{55}}} \right) \frac{T}{\pi} \right] \frac{a_{44}a_{55} - a_{45}^2}{a_{55}} x.$$

2.2. Igen egyszerű képlet fejezi ki a csavarási merevség és az ellipszis keresztmetszet súlyponti  $x, y$  főtengelyeire számított  $J_x$  és  $J_y$  másodrendű nyomatékainak a kapcsolatát

$$S = \frac{4J_x J_y}{a_{55} J_x + a_{44} J_y} (a_{44} a_{55} - a_{45}^2) F. \quad (22)$$

Itt felhasználtuk, hogy

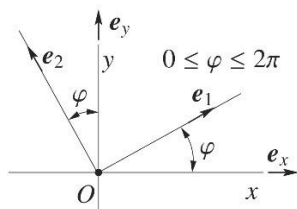
$$J_x = \frac{ab^3}{4} \pi, \quad J_y = \frac{a^3 b}{4} \pi. \quad (23)$$

A (22) képletet homogén izotrop ellipszis keresztmetszetre ( $a_{44} = a_{55}$ ,  $a_{45} = 0$ ,  $F = 0,25$ ) Nikolai vezette le 1906-ban [6].

2.3. Jelölje az orthotóp inhomogén ellipszis keresztmetszetű rúd orthotrópiai főirányait az

$$\begin{aligned} e_1 &= \cos \varphi e_x + \sin \varphi e_y, \\ e_2 &= -\sin \varphi e_x + \cos \varphi e_y, \\ e_3 &= e_z \end{aligned} \quad (24)$$

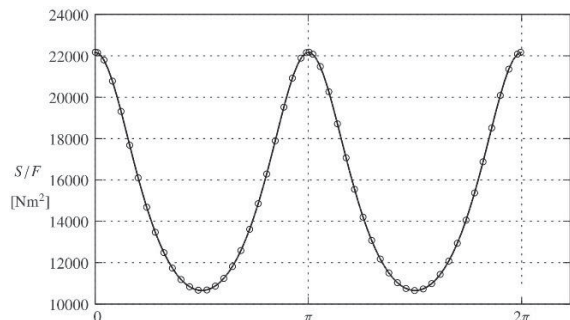
egységvektor hármas, ahol  $e_x$ ,  $e_y$ ,  $e_z$  az  $x$ ,  $y$  és  $z$  tengelyek irányába mutató egységvektorokat jelölnek (2. ábra).



2. ábra. Orthotropiai főirányok az  $xy$  síkban

Ismeretes, hogy jelen esetben a nyírási merevségek az alábbi alakban adhatók meg a  $G_{13}$  és  $G_{23}$  csúsztató rugalmassági modulusok és orthotrópia főirányát megadó  $\varphi$  szög függvényében [2,3]

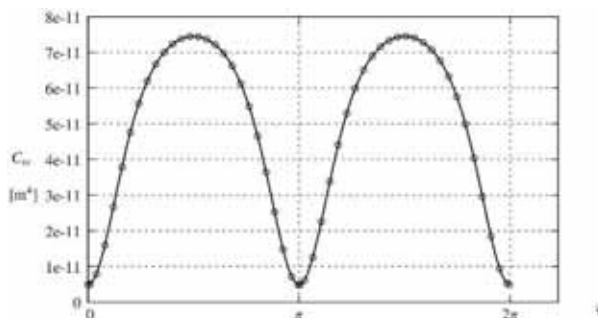
$$\begin{aligned} a_{55}(\varphi) &= G_{13} \cos^2 \varphi + G_{23} \sin^2 \varphi, \\ a_{44}(\varphi) &= G_{13} \sin^2 \varphi + G_{23} \cos^2 \varphi, \\ a_{45}(\varphi) &= (G_{13} - G_{23}) \cos \varphi \sin \varphi. \end{aligned} \quad (25)$$



3. ábra.  $S(\varphi)/F$  függvény szemléltetése

A következőkben az alábbi numerikus adatokkal számolunk:

$$\begin{aligned} G_{13} &= 8 \times 10^9 \text{ Pa}, \quad G_{23} = 2,5 \times 10^9 \text{ Pa}, \\ a &= 0,045 \text{ m}, \quad b = 0,02 \text{ m}. \end{aligned}$$



4. ábra.  $C_\omega(\varphi)$  függvény szemléltetése

A 3. ábra szemlélteti a csavarási merevséget ( $S(\varphi)/F$ ), mint a  $\varphi$  változó függvényét. Jelen feladatban

$$\begin{aligned} \frac{S_{\max}}{F} &= 22174,60618 \text{ Nm}^2, \\ \frac{S_{\min}}{F} &= 10652,1909 \text{ Nm}^2. \end{aligned} \quad (26)$$

2.4. Igen fontos keresztmetszeti jellemző, a keresztmetszet vetemedési merevsége, értékét az alábbi integrál definiálja

$$C_\omega(\varphi) = \int_A \omega^2(x, y, \varphi) dA. \quad (27)$$

A  $C_\omega = C_\omega(\varphi)$  függvény görbét a 4. ábra szemlélteti az előzőekben használt numerikus adatokkal számolva.

### 3. CSÚSZTATÓ FESZÜLTTSÉGEK

Az előző fejezet adatait használjuk a csúsztató feszültségekhez kapcsolódó ábrák megrajzolásához, kiegészítve a  $\vartheta = 1,5 \times 10^{-2}$  rad és  $f(\lambda) = \exp(\alpha \lambda)$ ,  $\alpha = 0,5$  adatokkal.

A csúsztató feszültségek alábbi reprezentációját használjuk

$$\begin{aligned} \tau_{xz}(\lambda, t, \varphi) &= \\ &= -2\vartheta f(\lambda) \frac{a_{55}(\varphi)a_{44}(\varphi) - a_{45}^2(\varphi)}{a_{55}(\varphi)b^2 + a_{44}(\varphi)a^2} \lambda a \sin t, \end{aligned} \quad (28)$$

$$0 \leq \lambda \leq 1, \quad 0 \leq t, \varphi \leq 2\pi,$$

$$\begin{aligned} \tau_{yz}(\lambda, t, \varphi) &= \\ &= 2\vartheta f(\lambda) \frac{a_{55}(\varphi)a_{44}(\varphi) - a_{45}^2(\varphi)}{a_{55}(\varphi)b^2 + a_{44}(\varphi)a^2} \lambda a \cos t, \end{aligned} \quad (29)$$

$$0 \leq \lambda \leq 1, \quad 0 \leq t, \varphi \leq 2\pi,$$

Az 5. ábra a  $\tau_{xz}(\lambda, \pi/2, \varphi_i)$ , a 6. ábra pedig a

$$\tau_{yz}(\lambda, 0, \varphi_i) \quad 0 \leq \lambda \leq 1, \quad (i=1, \dots, 4), \quad \varphi_1 = 0, \quad \varphi_2 = \frac{\pi}{4}$$

$\varphi_3 = \frac{\pi}{3}, \quad \varphi_4 = \frac{\pi}{2}$  függvények grafikonjait szemlélteti.

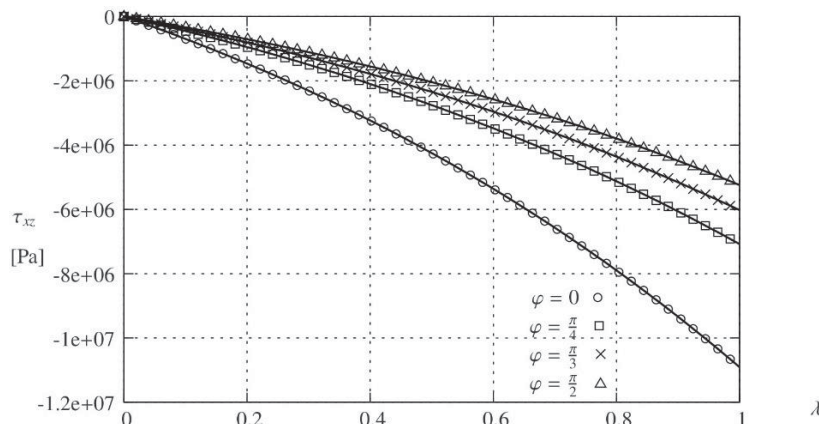
## 6. KÖVETKEZTETÉSEK

A dolgozat tárgyát inhomogén, anizotrop rugalmas anyagú ellipszis keresztmetszetű rúd Saint-Venant csavarási feladata alkotja. Általános anizotrópiát feltételezve megadja a csavarási feladat csavarási (vetemedési) függvényét, a csúszató feszültségek és csavarási, valamint a vetemedési merevség képleteit. Meghatározásra kerülnek az adott területű és nyírási merevségekkel rendelkező maximális csavarási merevséget adó keresztmetszet geometriai méretei. Az orthotrop keresztmetszet esetén a tanulmány részletesen elemzi a csavarási feladat mechanikai jellemzőinek és az orthotropia főirányainak a kapcsolatát.

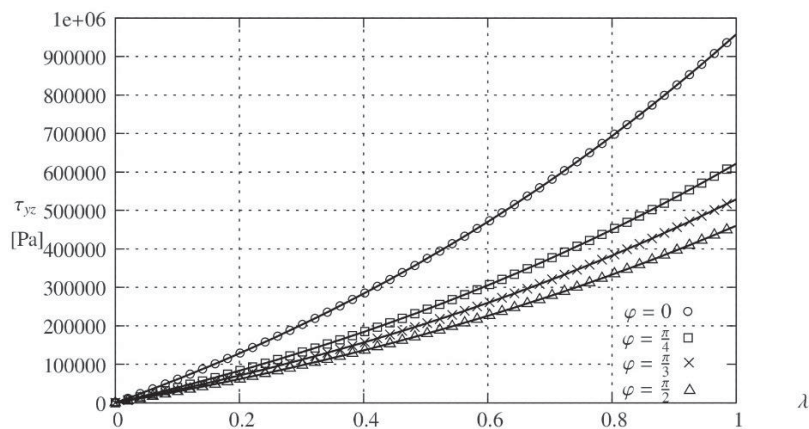
**Köszönetnyilvánítás:** A tanulmány elkészítését a Nemzeti Kutatási és Fejlesztési Hivatal (NKFIH) K115701 projektre támogatta. A cikkben ismertetett kutató munka az EFOP-3.6.2-16-2016-00011 jelű „Fiatalodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai

## 6. IRODALOM

- [1] O. Rand, V. Rovenskii, *Analytical Methods in Anisotropic Elasticity*, Birkhauser, Basel 2005.
- [2] S.G. Lekhnitskii, *Theory of Elasticity of an Anisotropic Body*. Mir Publishers, Moscow, 1981.
- [3] S.G. Lekhnitskii. *Torsion of Anisotropic and Non-homogeneous Beams*. Nauka, Moscow, 1971. (In Russian).
- [4] L.M. Milne-Thomson, *Antiplane Elastic Systems*. Springer-Verlag, Berlin, 1962.
- [5] I.S. Solonnikoff, *Mathematical Theory of Elasticity*, (2nd ed.), McGraw-Hill, New York, 1956.
- [6] A.I. Lurje, *Theory of Elasticity*. Springer-Verlag, Berlin, 2005.
- [7] M. Sadd, *Elasticity: Theory, Applications and Numerics*. Elsevier, New York, 1958.



5. ábra.  $\tau_{xz}(\lambda, \pi/2, \varphi_i)$  szemléltetése.



6. ábra.  $\tau_{yz}(\lambda, 0, \varphi_i)$  szemléltetése.

# IPARI FORMATERVEZŐ A TERMÉKFEJLESZTÉSI TEAM MUNKÁBAN

## INDUSTRIAL DESIGN – PRODUCT DESIGN IN THE TEAM WORKS

*Fodor Lóránt DLA habil. BME Gép- és Terméktervező Tanszék  
[fodor.lorant@gt3.bme.hu](mailto:fodor.lorant@gt3.bme.hu)*

**ABSTRACT:** The results of Designing projects represent the individual creativity and the visual experience establishing ability of our students. The IPD projects create an innovative atmosphere of real team-based engineering activities by combining individual and team work. The results of those projects, besides the product documentation, are the self-made physical or virtual 3D model and a presentation poster of the product.

### 1. BEVEZETÉS:

Ma már a felhasználói igényekben egyre fokozottabban jelenik meg a termék formai minősége, érzelmi kisugárzása. Így a design felértékelődött a mérnöki konstrukció kialakításában. Az európai felsőoktatási rendszerben ma többnyire mégis külön él az **industrial design** („művészeti”) és a műszaki tervezői oktatás, gondolkodás. A tényleges együttműködés kialakítása a műszaki tervezés és az **ipari formatervezés** között, ennek integrálása az ipari termék és formatervező mérnök-képzésben a legfontosabb feladat. A végzett terméktervező mérnökök tárgyi tudásához elengedhetetlen a vizuális gondolkodás, a design megismerése és az ipari formatervezés szakmai ismeretanyagának gyakorlása. Az ipari formatervezés oktatásának célja a termékek és ipari rendszerek esztétikai formába öntése oly módon, hogy kifejezze azok integrált összetettségét.

### 2. DESIGN:

A formatervezés kreatív tevékenység, melynek célja: tárgyak, folyamatok, szolgáltatások és azok rendszerének sokrétűségének tanulmányozása. Különböző megközelítési módját, filozófiáját megismerve, átfogó szinten lehetőség legyen termékeket tervezni, figyelembe véve az esztétikai, használati, piaci szempontokat. A termékfejlesztés végső célja a környezettervezés történelmi, kulturális, ipari, társadalmi és gazdasági tényezőinek szintézise az adott korban.

A termékek tervezésében formatervező részvétele elengedhetetlen a termékfejlesztés esztétikai kérdéseinek tisztázásában. A felhasználói igények figyelembevételével segítséget nyújt a termékek funkcionális, formai megjelenésének kialakításához. Különös figyelmet fordítva a tervezett tárgyak ergonomiai, formai, szín, és termékgrafika szempontrendszerére.

### 4. PRODUCT DESIGN:

A magyar nyelv szakszókészlete elég fejletlen, mert nem igazán teszünk különbséget a **product design** és az industrial design között, pedig találunk eltérést. A product designer komplexen vizsgálja a teljes termékfejlesztési folyamatot, az industrial designer, vagyis a régebbi, klasszikusabb értelemben vett formatervező az a személy, aki a forma, az ember felől közelít a problémára. A szakmánk erősen specializálódik. Ma már a klasszikus ipari formatervezésből kinőtt például a concept design, az idea design, önállósodott szakterületek vannak, mint például az ökodesign, artdesign vagy a craftdesign.

### 5. GLOBÁLIS TERMÉK:

A formatervező a kultúra oldaláról közelít a funkció felé és a tudását, a saját kultúráját adja a tárgy születéséhez, amelyre a világ bármely pontján szinte azonos módon reagálnak. Minden tárgytípusnak saját kulturális genetikája van, ebben ötvöződik az ősi és a regionális egy személyes és egyben globális érvényű vizuális renddé. Az elsődleges az ősi, archetipikus kód: szék, pohár, traktor...

Természetesen a cél az, hogy amikor tárgyakat terveznek, azok ily módon mások számára is kedvelt tárgyakká váljanak.

A **formatervi koncepció** vázlat szinten kezdődik, amit továbbfejlesztve követ a három formatervi javaslat látványrajz szinten. A végleges formaterv digitálisan jelenik meg,

### 6. TERMÉKFEJLESZTÉS:



Az ipari termékek fejlesztésének modellje a formatervezésben:

- Használati érték – esztétikai érték arányrendszerének beépítése a konstrukciós tervezés szintézis típusú feladatainak megoldási folyamatába.
- A formatervezés integrációja a terméktervezés műszaki, ergonómiai-humán, gazdasági-marketing elemeihez.
- A végleges formatervi javaslatok költség, ergonómia, technológia, környezet szempontú tervezése az esztétikai követelmények módszer-tanának alkalmazásával.
- A termék „hozzáadott érték” hatékonyságának növelése.

## 7. ÖSSZEGZÉS:

Lényeges szempont a termékfejlesztési folyamatban az **ipari formatervező** és a **terméktervező** munkájának a szétválasztása. A formatervezés külön dokumentációt készít és abban foglalja össze a team munka követelményeinek megfelelő integrált terület szakmai szempontrendszerét. A terméktervező mérnök a konstrukció és technológiai követelményeket koordinálja a többi integrált terület szakmai speciális szempontrendszerével. A szerepek keveredése káros az innovatív, versenyképes termékfejlesztésben. Az oktatásban is nagy hangsúlyt kell helyezni a team munka hatékonyságának a szerepére és a benne részvevő szakemberek szakmai kompetenciájára.

## 8. IRODALOM

[1] A terméktervező mérnökképzés a Budapesti Műszaki Egyetemen. 6221-es sz. TEMPUS JEP kiadvány.

Budapest, 1995.

[2] INTRO BME Ipari termék és formatervező mérnök hallgatók kiadványa.

Budapest 2002-2012.

[3] Iparművészet és Tervezőművészet helyzete és jövője. MMA konferencia kiadvány.

Kardosfa, 2013. április 27-28.

# AMIT AZ ÉRTÉKELEMZÉSRŐL MINDENKINEK TUDNIA KELL

## WHAT EVERYONE SHOULD KNOW ABOUT VALUE ANALYSIS

Dr. Hegedűs József Műszaki Tudományok Kandidátusa, [detheg@t-online.hu](mailto:detheg@t-online.hu)

### ABSTRACT

Value analysis, value design is one of the VALUE CREATING PROCESSES. We know of nearly hundred processes like this. Value analysis stands out from all by the fact that during our analysis we employ one of its important factors as an abstract idea. This abstract idea is closely related to human needs. Value analysis is a METHOD of PRODUCT

DESIGN, the product is carrying our life's basic values; product and service is considered together.

Product design and manufacture is one the basic cornerstones of every society, in which, as we mentioned before, our product knowledge is being reflected back, not quite satisfactorily yet.

### ELŐZMÉNYEK

Az értékelemzéssel 50 éve foglalkozom. Ezt megelőzően a terméktervezés módszertanának a kutatását kezdtem el. Az értékelemzés oktatását Temesszentandrászi Guidó indította el az 1960-as években. Ekkor találkoztam vele, akitől - nyugdíjazása után - az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottságban (OMFB) átvettem az értékelemzés hazai menedzselését. Ekkor már a munkahelyemen – a LABOR–MIM Gyártmányfejlesztési Főosztály vezetőjeként – bevezettük az értékelemzés alkalmazását, a hazai gyakorlatban úgy, hogy minden feladatot értékelemzéssel végeztünk el (120 főből állt a Főosztály). Ez közel egy évtizedig tartott. Ettől kezdve azonban az értékelemzés – értéktervezés és a terméktervezés összefonódott. Rövidesen a két fogalom mögött egyazon feladatot fedeztünk fel. Azóta felismertük a TERMÉK – TERMÉKTUDAT különleges szerepét az életünkben (a társadalomban, gazdaságunkban stb.). [1]

A világot két részre osztottuk fel, az alábbiak szerint.

A VEVŐ az emberiség egésze. Minden embernek valamilyen igénye van. Ez szükséges, az élet egyik feltétele. A VÁLLALKOZÓ az emberiség azon része, aki arra törekszik, hogy a VEVŐ igényeit kielégítse, ebből él.

A VÁLLALKOZÓ a VEVŐ igényét FUNKCIÓ-val elégíti ki, ezt úgynevezett FUNKCIÓHORDOZÓ-ra „rakja rá”; ezt, hogy az örökéletű piaccal kapcsolatba hozzuk, elnevezhetjük TERMÉK-nek (azóta ez a fogalom ismertté vált).

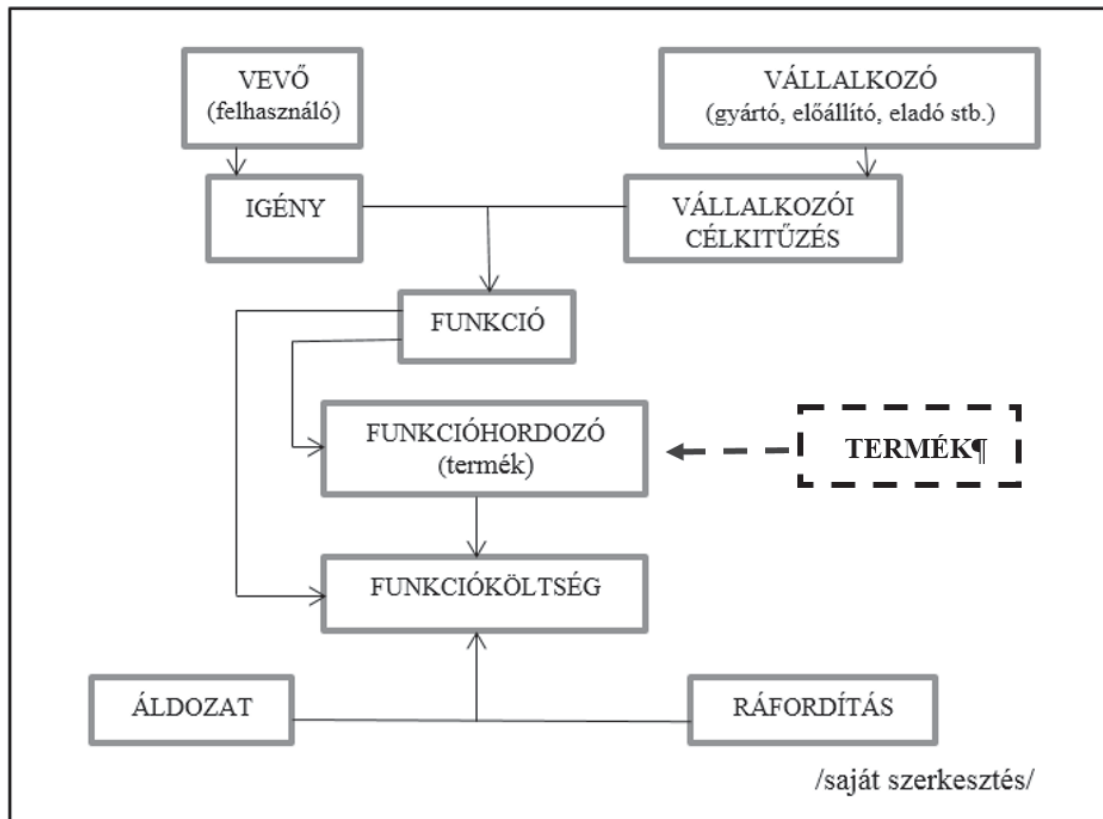
Miles [2] „nagy lépése” az volt, hogy a FUNKCIÓ-t mint absztrakt fogalmat használta, ezzel megteremtette az alapját az értékelemzésnek, és mi ezt magunkévá tettük, a mai napig ezt használjuk.

Könnyű belátnunk, hogy ez a megállapítás mindenben megfelel a mai szemléletünknek, és a valóságnak. A TERMÉK az emberi igények legfontosabb kielégítője. A TERMÉK a gazdaság (társadalom) elemi formája, az elemi formák integratív összessége a gazdaságra jellemző. A TERMÉK az innováció áramoltatója (e nélkül nincs innováció). A TERMÉK a vállalkozás tárgya (e nélkül nincs vállalkozás). A TERMÉK gazdagságunk és boldogságunk egyik legfontosabb forrása. A TERMÉKTUDAT a társadalom (gazdaság) egyik fontos tükré („nem állunk” ezzel igazán jól).

Összefoglalva gondolatunkat (több mint fél évszázada) ez a közös alapja a terméktervezési és értékelemzési – értéktervezési gyakorlatunknak. Munkánk

eredményeképpen olyan integráló PROBLÉMA MEGOLDÓ ELJÁRÁS-RENDSZERHEZ jutottunk, mely az ÉRTÉKTERVEZÉSI, ÉRTÉKALKOTÁSI tevékenységeinkhez nyújt

sokoldalú lehetőséget, mindezt úgy, hogy a Milesi [2] értékelemzésre alapozhatjuk sokoldalú elemző munkánkat.



1. ábra  
A világháló (virtuális) világ és a valós világ szereplőinek találkozása

## BEVEZETÉS

Az értékelemzés, az értéktervezés az ÉRTÉKTEREMTŐ FOLYAMATOK egyike. Közel száz ilyen módszert ismerünk. Az értékelemzést az emeli ki ebből a módszerhalmazból, hogy egy fontos tényezőjét, mint absztrakt fogalmat használunk az elemző munkánk során. Ez a fogalom közvetlen kapcsolatban van az emberi igényekkel.

Az értékelemzés TERMÉK-TERVEZÉSI MÓDSZER, a termék életünk legalapvetőbb érték-hordozója; a terméket és szolgáltatásait együtt értelmezzük.

A terméktervezés és előállítás minden társadalom alapvető feltételeinek egyike, ebben, mint ahogyan ezt már írtuk, a

terméktudatunk tükröződik vissza, ma még nem kielégítően.

## 1 A TERMÉKEK SZÜLETÉSE – ÉLETE – HALÁLA

Kivétel nélkül minden termék az emberi agyban születik meg (gondolat, álom, kívánság, óhaj, asszociáció stb.), erre alapozva – tapasztalataink, tanulásaink alapján – ezt az „aktust” modellezzük a terméktervezés folyamataiban. Mindezt a környezeti – természeti – társadalmi – életviteli tapasztalataink jelentősen befolyásolják, miközben megteremtjük, megvalósítjuk igényeink kielégítését. Ezért mondjuk azt, hogy a TERMÉK AZ EMBERI IGÉNYEK KIELÉGÍTÉSÉT szolgálja.

Miles [2] örök érdeme az, hogy az igény-kielégítésként a termékek funkciójára gondolt és ezt, vagyis új emberi igényeket kielégítő FUNKCIÓKAT absztrakt fogalomnak tekintette. Mi magunk pedig a további lépésekhez egy finom-mechanikai módszert használtunk fel. [1] Ezzel általánosítottuk az értékelemzés-elméletet. Ugyanis matematikai alapon meghatározhattuk az absztrakt kifejezésű funkció felhasználásával az ABSZTRAKT TERMÉKET.

Erre építve pedig a termékváltozatok tetszés szerinti számát határozzuk meg. Az ismert elemzési módszerrel pedig kiválaszthatjuk az optimális megoldást hordozó valós termékváltozatot.

A könnyebb áttekinthetőség, illetve megértés érdekében egyik tanulmányunkból bemutatjuk az utóbb említett lépéseket.

Az IGÉNY-ek kielégítésére funkciókat fogalmazzunk meg – az absztrakt fogalom, a funkciókból az absztrakt terméket állítjuk össze. Egy TERMÉK épüljön fel az  $F_1, F_2, F_3$  funkciókból, ezek felhasználásával megszületett a TERMÉK. A további lépéseknél ezt használjuk fel; az absztrakt termék az alapja a valós termék létrehozásának. Az egyes funkciók megoldására ötletelünk. Itt nagyon fontos megjegyzésünk van: az ötletelésre kiválasztott funkcióhalmaz egy és csak egy szintről származhat. (Ezt az F funkcióhoz írt index fejezi ki, példánkban  $F_1$ - $F_3$  az első szinten meghatározott funkciókat használtuk fel).

$F_1$      2     a,b

$F_2$      2     c,d

$F_3$      3     f,g,h

A 7 ötlet felhasználásával  $2 \times 2 \times 3 = 12$  termékváltozatot nyerünk.

Az 1. táblázatban az a, b, c ... ötletek (valós megoldások) funkcióköltségeit írva és az oszlop összegeket meghatározva nyerjük az 1., 2., 3. ... termékek funkcióköltségeit. Módkunkban áll a költségek sorrendjeit felírni, vagy ezekkel tetszés szerinti műveleteket végezni.

Ha a költségértékek helyett az ötletek más-más jellemzőit írjuk fel, akkor módkunkban áll a 12 terméket a választott jellemzők szerint értékelni. Tulajdonképpen ez az értékelemzési eljárás lényege. Könnyű belátnunk, hogy az 1. táblázat összeállítását, az elvégezhető

elemzések, számítások, értékelések összességé magá az értékalkotás.

Miles [2] ezt értékességnek nevezte  $\dot{E} = F/F_k$ . Lényegét tekintve mindig ezt keressük. Keressük azokat a funkciókat (absztrakt kifejezések) melyekkel igényeinket kielégítjük. Szeretnénk ennek a gyakorlati megvalósítását ötletek segítségével úgy realizálni, hogy a kombináció egy meghatározott (megtervezett, kitűzött) értékességű legyen.

Ismételjük át még egyszer az 1. táblázatot és az értékesség kifejezését (ez a termék születésének megfogalmazását jelenti):

- *Bontsd a problémát elemeire; a probléma itt az absztrakt termék (több funkcióból is állhat) jelentheti egy új termék megszületésének az igényét, vagy egy meglévő termék javításának „munkálatait”,*
- *Keress az elemekhez – funkciókhoz – új megoldásokat – ötletelés*
- *A funkciókat – az absztrakt termék elemeit kombináld: az ötletek kombinálását „hozd létre”, ezek termékváltozatokként „jelennek meg”*
- *Értékelj az egyes termékváltozatokat, a legjobbat válaszd megoldásul (a legjobb változatban valósulnak meg terveink, céljaink, elképzeléseink, álmunk stb.)*

Az előbbi gondolatsorban felvázoltuk a termék születésének mozzanatait. Ha ezt a lépéssorozatot egy fontos pontnak tekintjük, akkor azt kell mondanunk, hogy a születés előtt és után számos módszert kell használnunk. Néhány szakmakultúra terjedelmű ismerethalmazt felsorolunk. A születés előtti lépésekben felsorolt néhány szakmakultúra:

- marketing (főleg a holisztikus marketing, illetve szükséglet kutatás)
- játékelmélet
- döntéselmélet
- minőség teljes volumene
- rendszerelmélet
- értékteremtő módszerek
- költségelemzés
- piackutatás, piacbevezetés
- innováció teljes terjedelme
- az értékelemzés tárgyával, a termékkel kapcsolatos tudományok, módszerek.
- stb.

T							
F	1	2	3	4	...	12	
F <sub>1</sub>	a	b	a	...	...	b	
F <sub>2</sub>	c	c	d	...	...	d	
F <sub>3</sub>	f	f	h	...	...	h	
	Σ	Σ	Σ	Σ		Σ	

A termékszületéssel „egy időben”, illetve a születés utáni feladatmegoldásokkal kapcsolatos módszerek, szakmakultúrák:

- piacebevezetés, gyártás előkészítés
- termék kivonás
- gyártástechnológia (automatizálás, komplex logisztikai folyamatok)
- üzleti, vállalkezési folyamatok tervezése, szervezése
- az értékelemzés tárgyával kapcsolatos terméktervezési módszerek
- informatika, digitalizálás módszerei
- környezetvédelem, ökológia módszerei
- stb.

Megjegyzés: itt és a megelőző csoportnál is csak néhány fontosabb szakmakultúrát soroltunk fel, ezek száma a megjelölteknél nagyobb számú lehet.

Mielőtt továbblépnénk, érdemes egy-két szót szólni az értékelemzések (terméktervezések) forrásairól, vagyis honnan származnak az értékelemzendő termékek, feladatok.

Közmondásszerűen elterjedt már: minden tárgy, jelenség, folyamat stb. értékelezhető, aminek funkciója és költsége van. Az értékelemzés eljárásában megszoktuk, hogy a TERMÉKET és a SZOLGÁLTATÁSÁT, vagy A SZOLGÁLTATÁST, egy szóval, TERMÉKKEL nevesítjük.

Ebből az következik, hogy mindent terméknek hívunk, ami az emberi igényeket elégíti ki, ez mind lehet az értékelemzésünk tárgya. Ez a felfogásunk (mint egy fontos szabály) segítette elő az értékelemzés általánosítását és az eljárásrendszerünk megújítását, vagyis az ÚJ ÉRTÉKELEMZÉSI ISKOLÁNK létrehozását. Mindez többek között annak is köszönhető, hogy MILES [2] funkcióelnevezését és használatát (több évtizeddel az ő zseniális „kitalálása” után) végre megtanultuk,

megértettük és törekvésünk a jó funkcióelemzés alkalmazására irányul.

Tehát a feltett kérdésre a válasz: az értékelemzés által értékelezhető bármilyen termék emberi igényeket elégít ki (közvetlenül, vagy áttételesen), a származása (profitorientált, nonprofit, vállalkozói, állami területi stb.) „bármelyik” terület lehet (pl. csípőfogó, evőkanál, hajcsatt, juhtúró, gőzkalapács, hajó, autó, államtitkári hivatal szervezete vagy működése, polgármesteri hivatal, tolóhajó, vérelemző műszer, gyógyszer, tanítási folyamat, sporttevékenység, szórakozás, bármilyen tárgy, folyamat, szervezet, szervezetfejlesztés stb.

## 1.2 TERMÉKEINK ÉLETE – HALÁLA

Termékeink életében, a termék kivonás előkészítéséhez, a termékek továbbfejlesztéséhez lényegét tekintve az értékelemzés szempontjából az eddig használt módszereken túl nem szükséges új szempontokat figyelembe venni.

A meglévő termékek továbbfejlesztése során az új terméktervezéshez hasonlóan kell eljárunk. A konkrét lépések, az absztrakció foka hasonló az új termékeknel alkalmazott szintekhez. Itt azonban az értékelemzés újabb előnyöket jelent. Pl. a KONKURENCIA LEGYŐZÉSÉHEZ a funkcióelemzés ismerete és alkalmazása jelentősen növelheti a hozamot. Az elkészített funkció struktúra az eddig ismertnél nagyobb lehetőséget nyújt a továbbfejlesztéshez, mivel sok tekintetben kielégítő csak az érintett részfunkciókra koncentrálni.

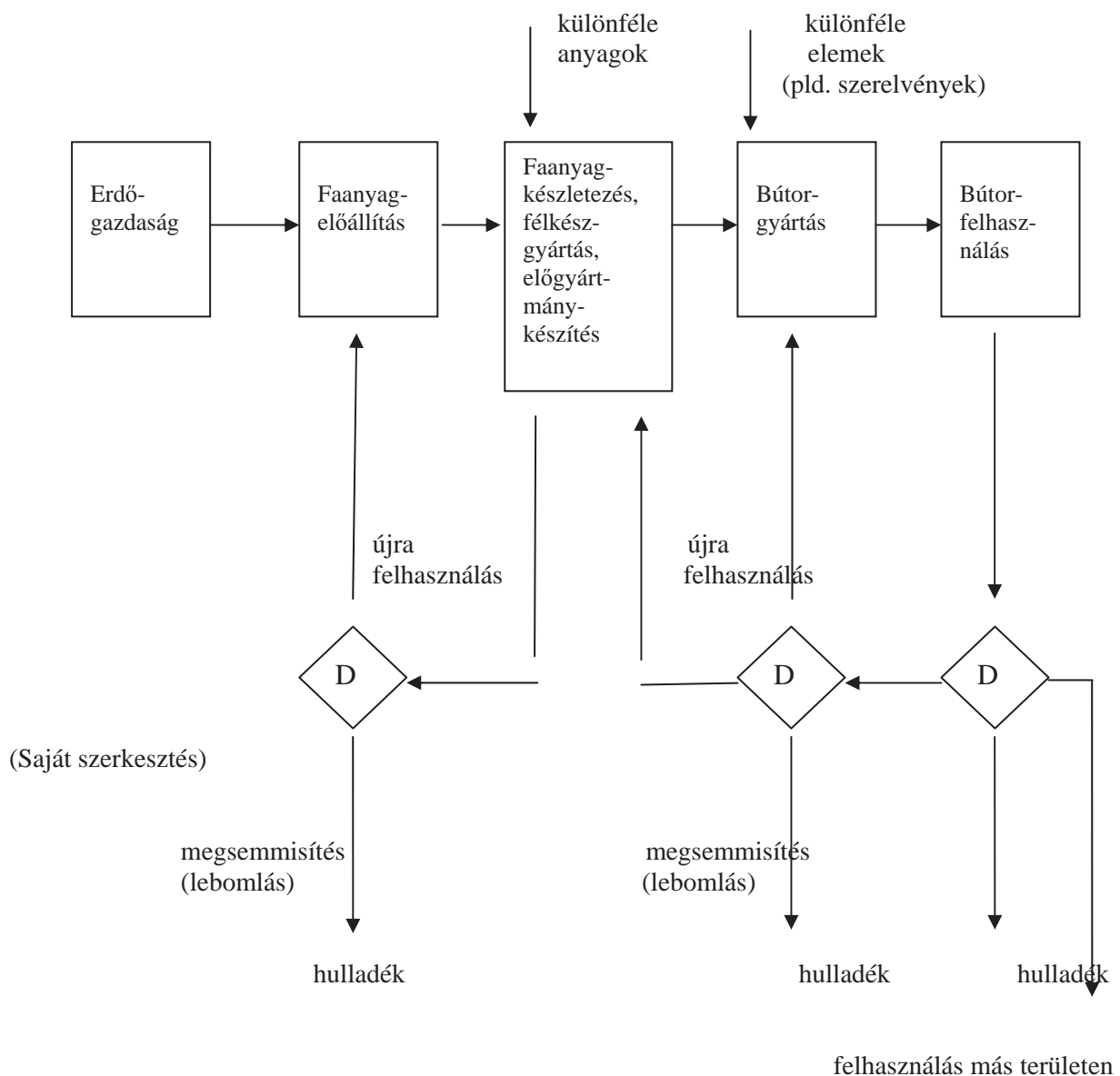
Az absztrakt termékre alapozva feladatunk (célkitűzésünk) szerint a kijelölt paraméterek figyelembe vételével megalkothatjuk a termékünket. Megvalósítjuk

mindazt, ami szükséges a gyártás-előkészítéshez, a piaci bevezetéshez. Ez a lépéssorozat a javasolt példának kijelölt tanulmányban megtalálható. Általános terméktervezési-feldolgozási munkákat jelent, melyeket itt nem tudunk részletezni.

Nem értékelemzési, hanem általános követelményként ki kell emelnünk azt, hogy a TERMÉK HALÁLÁT meghagyva az elfogadott képletes gondolatunkat (születés-élet-halál) a termék születésének lépéseinél

már meg kell terveznünk. Általában is igaz, hogy a terméktervezési szakaszban szükséges megterveznünk a termék kivonás utáni újrafelhasználhatóságot, hulladékkezelést stb. Ebben a szakaszban kell megterveznünk pl. az ökológiai, környezetterhelési, környezetvédelmi problémákat is.

Pl. CO<sub>2</sub> profil felvázolása, meghatározása a passzív ház életciklus-elemzésénél.



2. ábra  
Egy bútorcsalád teljes életciklusa

Az értéktervezés, értékelemzés milesi módszerének használata korlátlan. Jelenleg folynak a kutatásaink a digitalizálás, a gyártás-automatizálás folyamatainak értékelemzéssel segített megvalósítására. Kísérleteket végeztünk a START-UP értékelemzéssel segítve elterjesztésére is.

A termékváltások gyorsulása, a termékpályák rövidülése miatt is célszerű az értéktervezést használnunk. Különösen fontos lenne az, úgynevezett ÖTELETTERVEZÉSHEZ, ÖTLETIPARHOZ, ÖTLET-TERMELÉSHEZ, kapcsolódó értékelemzések kutatásait is folytatni.

A jövőbeni életvitelünket meghatározó területek – trendek (profitorientált – nonprofit) lehetnek az értékelemzésünk tárgyai; pl. KÖZBESZERZÉS, egészségügy stb.

## 2. AZ ÉRTÉKELEMZÉS ELJÁRÁSRENDSZERÉNEK ÁTTEKINTÉSE

Minden értékelemzés tárgyát TERMÉKNEK neveztük el, ezért:

- minden értékelemzési feladat terméktervezést jelent (gondoljunk a TERMÉK fogalom általánosítására),
- minden értékelemzés – terméktervezés – első lépésként a funkció felhasználásával az absztrakciós terméket kell megfogalmaznunk, megterveznünk,
- az absztrakciós termék funkcióstruktúráját használjuk fel az elemzés alapjául (rendező szempontként a funkciót tekintve). Ez azt jelenti, hogy a funkciók segítségével határozzuk meg azokat a termékváltozatokat, amelyeket összehasonlítva nyerjük az optimális érték kombinációt vagyis a probléma megoldás legjobb változatát (lásd a már idézett döntésméleti axiómát),
- a gyakorlatban kétféle alkalmazással találkozunk:
  - **meglévő termék továbbfejlesztése** (pl. egy szervezet-fejlesztés), ebben az esetben a továbbfejlesztés gyakorlati megoldására kell a teamnek javaslatokat összeállítania;
  - **új termék tervezésekor** (pl. egy turista-szolgáltatás) a termék megvalósítását szolgáló javaslatokat kell a teamnek kidolgoznia.

Ezen a helyen az értékelemzési folyamatnak a négy fejezetét és a fejezetek lépéseit soroljuk fel:

### *Előkészítő szakasz*

- A téma kiválasztása, a termék körülírása, az értékelemzés tárgyának megfogalmazása,
- Team összeállítása,
- Program, munkaterv készítése.

### *Információs szakasz*

- Információ-elemzés,
- Igény-elemzés,
- Funkció-elemzés.

### *Alkotó szakasz*

- Termékváltozatok kidolgozása,
- A legjobb (optimális) változat kiválasztása.

### *Megvalósítási szakasz*

- Az összeállított team-javaslatok gyakorlati megvalósítása.

Az itt felvázolt összeállítás bármilyen más módon is elkészíthető.

Választásunk azonban fontos szempontokat takar, különösen, ha figyelembe vesszük a már ismert digitális-gazdaság követelményeit.

Az *Előkészítő szakasz* és a *Megvalósítási szakasz* bármilyen más tervezési, szervezési módszerhez hasonlóan épül fel.

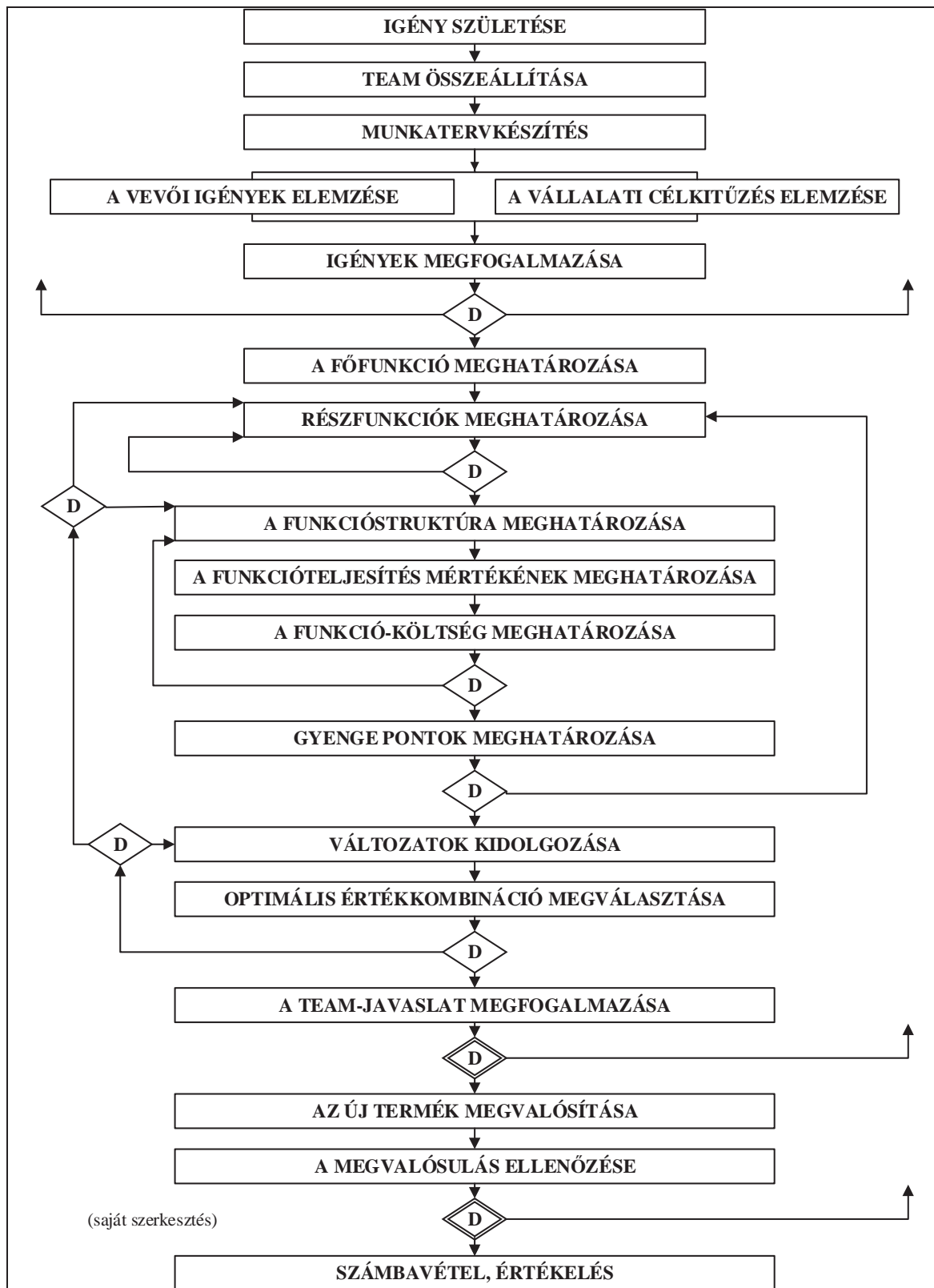
Az *Információs szakasz* felépítése sajátos, csak az értékelemzésnél használatos. A lényeg az, hogy itt folyik az absztrakciós munka. Ezzel sehol másutt nem találkozhatunk.

Az *Alkotó szakasz* a módszeres tervezés ugyancsak speciális, csak az értékelemzési eljárásnál használatos (a módszeres tervezés a német tervező iskolákban alakult ki, a géptervezés területén).

Elemzésünk szempontjából az absztrakciós munka hiányosságain van a hangsúly, ezért az *Információs szakaszt* részletesebben is bemutatjuk a következő, 1. táblázaton:

Az 1. táblázaton egy meglévő termék (szervezet, technológia, beruházás, stb.) továbbfejlesztését szemléltetjük. Itt az „ABSZTRAKCIÓS TERMÉK” a „JAVÍTANDÓ TERMÉKRÉSZEK”-et jelenti.

Új termék esetén a FUNKCIÓ-FA fejezi ki az ABSZTRAKCIÓS TERMÉKET.



3. ábra  
Az értékelemzés általános algoritmus



Mindkét esetben az ALKOTÓ SZAKASZ-ba „lépünk át”, vagyis az absztrakciós termék gyakorlati megvalósítását tervezzük meg.

Mielőtt elemzésünket folytatnánk, érdemes még egyszer átgondolnunk az itt vázolt lépéseket. *Meglévő termék továbbfejlesztésekor* nyilvánvalóan a termék

gyenge pontjait kell megkeresnünk, ezek kijavítását kell megterveznünk.

*Új termék fejlesztésekor* a funkcióséma birtokában azonnal „átléphetünk” az alkotó szakaszba. A funkciókkal kifejezett absztrakt termék gyakorlati megvalósítását szükséges megterveznünk.

## 2. táblázat

LÉPÉSCSOPORTOK	LÉPÉSEK	RÉSZEREDMÉNYEK
Információelemzés	Információszerzés tervezése (kérdéslista) Információk megszerzése Információk feldolgozása	Kötelmi füzet Paraméterrendszer Tervcél
Igényelemzés	Vevői igények feltárása Vevői igények strukturálása Vállalati elvárások megfogalmazása Vállalati elvárások strukturálása	Strukturált vevői igényhalmaz  Strukturált vállalati elvárás, célkitűzés
Funkcióelemzés	Funkciók meghatározása Funkciók strukturálása	Funkció-fa Funkcióséma
Funkció-, költségelemzés  (saját szerkesztés)	Funkciószint kiválasztása elemzéshez, Termékséma elemeinek meghatározása, Terméksémaelemek költségeinek meghatározása, Költségmátrix funkcióköltségeinek meghatározása,  Gyenge pontok meghatározása,	Funkciók rangsorolása,  Funkciókritikus pontok meghatározása,  Költségkritikus pontok meghatározása,  Javítandó termékreszek
		Súlyozott funkciórangsor  Funkciókritikus pontok Funkcióköltségek Költségkritikus pontok  Gyenge pontok
		Funkcióteljesítés mértékének meghatározása

### 3. JAVASLATOK, FEJLESZTÉSEK, BEVEZETÉSI PROGRAM

Ebben a részfejezetben az ÉRTÉKELEMZÉS módszerének hatékonyságát és elterjedtségét eredményező programot szeretnénk összeállítani, bemutatni.

Az értékelemzés közel száz éves. A számítógép használat miatt szükséges az **ELJÁRASRENDSZERÉNEK** továbbfejlesztése, különösen pedig a gyártás forradalmi megújulása, a digitális gyártás elterjedése megkívánja, hogy a tervezést minden tekintetben illesszük a digitalizált gyártási folyamatokhoz.

Kísérleteinket, majd a megvalósításainkat minden tekintetben a Miles-i elvekre építjük. [2]

Mindenekelőtt a funkcióban való gondolkodást kell elsajátítanunk, ismerni kell a legmagasabb szinten a számítógép használatát, nem utolsó sorban pedig meg kell tanulnunk az **ALGORITMIZÁLÁST**.

Ez utóbbi (amelynek az oktatása ma még nem kielégítő) azért fontos, hogy feladataink nagy részénél, például a digitalizált gyártási folyamatokhoz szükséges belső – külső applikációs egységeket kialakíthassuk. Ezért is fontos, hogy megtanuljunk az eddig értelmezett **TEAM** egyik legfontosabb tagja az informatikus szakember kell legyen. Főleg a digitalizált gyártás miatt növekszik az értékelemzés tárgyát képviselő szakmaspecifikus szakember részvétele a **TEAM** munkában (ezeket korábban konstruktőr és / vagy gyártástechnológusnak hívtuk).

Könnyű belátnunk, hogy más – más szakmaspecifikus szakembert szükséges a **TEAM**-be bevonni, ha az értékelemzés tárgya:

- a juhtúró gyártástechnológiájának, vagy a
- műanyag ablak értékelemzéses tervezése, vagy például
- egy Polgármesteri Hivatal kommunikációs tevékenységének értékelemzéssel (kommunikációhoz tárgyak is szükségesek) segített továbbfejlesztése a célunk.

Az **ÉRTÉKELEMZÉS** tárgya: **TERMÉK**, olyan termék, amelynek funkciói vannak, tehát valamilyen emberi igényt elégítenek ki, és az igény kielégítésnek költségvonzata van.

Az **ÚJ ÉRTÉKELEMZÉSI ISKOLÁNKNAK** éppen ez a fő jellemzője.

Ebből következik, hogy minden termék lehet tárgya az értékelemzésnek.

Ugyanakkor korábban elhatároztuk, hogy értékelemzéseinket az értékalkotás felé irányítjuk.

Vagyis minden esetben értékjavítás és új értékteremtés történik (meglévő és új termék fejlesztése, illetve értékelemzése).

Annál is inkább, mivel mint láttuk a holisztikus marketing tanítása szerint az értékek a piacon születnek és „élik életüket”.

Ezt a gondolatot azért ragadtuk ki kutatási eredményeinkből, mivel meggyőződésünk, hogy az értékelemzés szemlélete „segíti” ezt a folyamatot.

Ezért is érthető, hogy programunk összeállításakor is ezt írtuk fel elsőnek.

A második programpontunknak a tezauszus teljes feltárását jelöltük meg.

Ez az előbbi gondolatunkhoz is „illeszkedik”, ugyanakkor segítségünkre lehet az értékelemzési tevékenységek megtanításához.

Magától értetődő, hogy ez a felsőfokú képzés más területekhez is adhat segítséget.

Könnyű belátnunk, hogy az itt említett két programpontunk az értékelemzés szempontjából a **TEZAUZUSZRA** épül.

Érdemes lenne az **ÉRTÉK** teljes **TEZAUZUSZÁT** feltárni.

Erre építhetnénk a teljes **HOLISZTIKUS MARKETINGET** és az értékelemzés új képzési rendszerét.

Még mindig „**STRATÉGIAI** körben” maradva: célszerű lenne az értékelemzés képzését új alapokra helyezni.

Az értékelemzés képzését minden állami, közgazdasági és műszaki irányultságú felsőfokú képzésbe be kellene vezetni, ide értve az **ÁLLAMI EGYETEMI KÉPZÉST** (közszolgálati manager képzés) is.

Mind a profitorientált, mind a non-profit helyeken más megközelítésben a vállalkozási és állami irányítási körben ki kellene dolgozni: értékelemzéssel szervezett vállalkozásokat (később a teljes vállalkozási és irányítási terület egészére célszerű lenne ezt kiterjeszteni például vállalkozások, kormányzati szervek, államigazgatás, stb.).

Stratégiai céloknak megfelelően lehetséges **TAKTIKAI** lépések lehetnek az induláskor:

- **VÁLLALKOZÁS ÖSZTÖNZÉS** verseny;

- Közbeszerzés (központosított közbeszerzések);
- Pályázati rendszerek működtetése;
- TERMÉKKUTATÓ BÁZISOK szervezése, működtetése;
- Mezőgazdasági, élelmiszeripari értékelemzések;
- A turisztika - más kiemelt iparágak vagy ágazatok.

Célszerű lenne a komplex módszeregyüttest össze gyűjteni, felsorolni.

#### 4. IRODALOM

[1] Hegedűs József – Kő Ferenc: Az értékelemzésre alapozott terméktervezés

Az ÉRTÉKELEMZÉS intézményrendszerének kialakítása, AZ ÉRTÉK TERVEZÉSRŐL szóló törvény megalkotása, elfogadása, bevezetése úgyszintén a stratégiai feladatokhoz tartoznak.

Az ÉRTÉKELEMZÉS megújításának, bevezetésének eszmei alapja, indítéka: a veszteségforrások állandóan újratermelődnék, a költségek szakadatlanul emelkednek - az a társadalom fejlődik a legkiemelkedőbbben, amelyik mindezt folyamatosan, módszeresen kompenzálja.

módszertana, Kecskeméti Főiskola, Kecskemét, 2001.

[2] Miles, D.L.: Értékelemzés, Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1973.

# AKIT PATTANTYÚS-ÁBRAHÁM GÉZA A LEGNAGYOBB MAGYAR MÉRNÖKNEK NEVEZETT

## THE PERSON WHOM GÉZA PATTANTYÚS-ÁBRAHÁM CALLED THE GREATEST HUNGARIAN ENGINEER

*Dr. habil. Horváth Sándor, c. egyetemi tanár, Óbudai Egyetem  
horvath.sandor@bgk.uni-obuda.hu*

*Dr. Czifra Árpád PhD, egyetemi docens, Óbudai Egyetem, Gépészeti és Biztonságtudományi Intézet  
czifra.arpad@bgk.uni-obuda.hu*

### ABSTRACT

The legendary Hungarian engineer and engineer-teacher, professor Géza Ábrahám Pattantyús, in the lecture "The education and training of engineers", in 1931, called Széchenyi the greatest Hungarian engineer. Through the presentation of count István Széchenyi's technical related works and through highlighting his engineering approach and way of thinking, as well as his engineering methods our purpose is to show how well-founded the above mentioned and at first glance surprising statement is.

### 1. BEVEZETÉS

A legendás hírű magyar gépészmérnök és mérnök-pedagógus, Pattantyús-Ábrahám Géza az 1931. évi Magyar Országos Mérnök-kongresszuson „A mérnökök nevelése és továbbképzése” címmel tartott előadását az alábbi gondolattal fejezte be:

*„Előadásomat azzal a fohással zárom, hogy kérem a Mindenható áldását tanár, diák és társadalom e vállvetett, nemzetnevelő munkájára, amely valóra váltani hivatott a legnagyobb magyar mérnök jóslatát: Magyarország nem volt, hanem lesz!”*

Egyértelmű, hogy Gróf Széchenyi István az, akit Pattantyús professzor a legnagyobb magyar mérnöknek nevezett, pedig a „legnagyobb magyar” nem végzett műszaki jellegű iskolát.

Az viszont közismert, hogy Széchenyinek köszönhetően a XIX. századi Magyarországon számos jelentős, mai szemmel nézve is kiemelkedő színvonalú műszaki alkotás valósult meg. Egyebek mellett Széchenyi:

- Kezdeményezte a Lánchíd és a Budavári alagút megépítését, hatalmas szervező munkával biztosította a Lánchíd építésének pénzügyi és politikai feltételeit, orosz-lánrészt vállalt a műszaki jellegű előkészítés során.

- Kezdeményezte a pesti Hengermalom és az Öntöde alapítását, ezzel megalapozta a magyar malomipar technológiai megújulását.
- Javasolta az Al-Duna szabályozását és az al-dunai út építését, elhárította a diplomáciai és műszaki akadályokat, irányította a munkálatokat.
- Meghatározó érdemei vannak a Tisza szabályozásának elindításában, elindította a dunai, a tiszai és a balatoni gőzhajózást.
- Létrehozta az Óbudai Hajógyárat és a téli kikötőt.
- „Javaslat a magyar közlekedési ügy rendezéséről” címmel átfogó, közlekedésfejlesztési tervet dolgozott ki.

Cikkünk nem a Gróf Széchenyi Istvánhoz köthető műszaki alkotásokat, hanem a műszaki alkotó Széchenyit kívánja bemutatni. Műszaki vonatkozású munkássága során megnyilvánuló mérnöki szemlélet és gondolkodásmód, valamint mérnöki munkamódszerek kiemelésén keresztül kívánunk rávilágítani arra, hogy mennyire megalapozott Pattantyús professzor – első ránézésre meglepőnek tűnő – állítása.

### 2. A KÍVÁNCSI ÉS INNOVATÍV SZÉCHENYI

Egy természettudományos vagy műszaki területen alkotni kívánó szakember esetében elengedhetetlen a nyitottság, az új iránti érdeklődés. Ez a szükséges, egészséges és csillapíthatatlan kíváncsiság Széchenyit fiatal korától kezdve jellemezte. Liphay Sándor „Gróf Széchenyi István műszaki alkotásai” c. munkájában [1] így ír:

*„...Széchenyi már ifjúkora óta nagy előszeretettel viseltetett a technikai dolgok iránt, - ha magyar főúr helyett angol polgárnak születik, bizonyára korának egyik legnagyobb mérnökévé válik. Így is egész odaadással készült mindazokra a műszaki alkotásokra, a*

melyek programjának oly fontos tényezői voltak. Az élet iskoláját járta.

Már fiatalabb éveiben való barangolásain is felülkerekedett benne az ismeretgyűjtés vágya, sokat lát és tanul, amit később haszonnal értékesíthet....

Különös előszeretettel a modern technika szülőhazájában, Angliában tartózkodik. Fölkeresi a mérnöki építés nevezetes alkotásait: a hajózó csatornákat, a hidakat, valamint az akkor még csak gyermekkorukat élő vasútakat; hangyaszorgalommal gyűjti a mindezekre vonatkozó fontosabb technikai és gazdasági adatokat és jellemző vázlatos rajzokban rögzíti meg naplóiiban a látottakat.

Szorgalmas látogatója a gyáraknak is, a hol a gépészet körül keres tájékozást. Figyelemmel kíséri az idevágó irodalmat, - szinte szakadatlanul tanul és a technikai ismereteknek oly tárházát gyűjti, hogy messze túlemelkedve a dilettantismus rendes színvonalán, világos képet nyer a technika sokoldalú eszközeiről és a műszaki kérdésekben helyes ítéletre tesz szert. ”

Első angliai útja során, 1815. december 15-én a 24 éves Széchenyi naplójában saját szenvedélyes kíváncsiságával kapcsolatban írja:

„Az is furcsa, hogy egy huszárcapitány nemcsak a gépészekről, hanem még azok segédeitől is naponta három elméleti és gyakorlati leckeórát vesz, és reggel faolajtól, este Rasumofsky-víztől csepeg...”

Kíváncsiságától, rendkívüli szellemi nyitottságától vezéreltetve észrevette, megismerte a másutt már kitalált és működő műszaki megoldásokat, de alapvető célja az volt, hogy ezeket Magyarországon is meghonosítsa. Felismerte, hogy az ország nem csak társadalmi, hanem infrastrukturális szempontból is rendkívül elmaradott. „Hazánkban, kivált mechanikai tekintetben – mely azonban szorosán össze van kapcsolva az erkölcsiséggel (...) számtalan eligazítani, felállítani, elrendelni való van (...) mert honunk hátramaradási nagyok és szükségei számtalanok.” – írja Világ című munkájában [2]. Széchenyi rendkívüli nagyságát jelzi, hogy nem csak felismerte a technikai elmaradottságot, hanem hatékonyan cselekedett is ennek felszámolása érdekében:

- megteremtette a megvalósítás feltételeit,
- megismerte a műszaki lehetőségeket, elemezte azokat,
- műszaki kérdésekben döntéseket is hozott,
- esetenként a műszaki munkákat is irányította.

Műszaki alkotásai nem elszigetelten létező vagy működő objektumok, hanem minden esetben egy nagyon átgondolt, komplex rendszer részeit képezik. „A rengeteg gondolat úgy áradt műveiből az olvasóra, mint egy eszmeözön. Ebben (...) sokan kuszaságot láttak. Nem vették ugyanis észre, hogy a tömérdek eszme csodálatosan egybevágt. Pedig csak alkotásaira kellett volna tekinteniük.” írja Váradi József [3].

Például a Széchenyi által megteremtett Pesti Hengermalom sem csupán egy különálló, önmagában jól jövedelmező üzleti vállalkozás. Széchenyi felismerte, hogy Magyarország számára a gabonaliszt-export meghatározó jelentőségű, ezért a malomipar fejlesztése elengedhetetlen. A jó és egyenletes minőség, az őrlési kapacitás növelése és állandóvá tétele technológiai váltást igényelt, az ezerszámra működő vízi- és szélmalomok helyett gőzgépekkel hajtott malmokra volt szükség.

És a jól átgondolt, grandiózus terv valósággá vált. 1873-ban Magyarországon már 482 gőzmalom üzemelt, a termelés 60%-a exportra került, Magyarország az USA után a világ második liszt exportőrévé vált. Az 1878-as párizsi világkiállításon 12 magyar malom állított ki, és 1 nagydíjat, 9 aranyérmét és 1 bronzérmét nyertek el, az 1900-as világkiállításon pedig már 25 malom képviselte hazánkat. Ekkor már közel 2000 „tüzes malom” működött az országban.

Széchenyi gondolkodásának komplexitását mutatja, hogy a malommal párhuzamosan egy öntözőmester létesítését is szorgalmazta, amely a malom alkatrész-utánpótlását volt hivatott biztosítani. Nem volt felesleges leállás, az üzembiztonság nem külső beszállítóktól függött.

Fenti példa is jól érzékelteti Széchenyi kiemelkedő innovációs képességét. A korszerű értelmezés szerint, csak a megvalósult, működő, valamilyen hasznot hozó ötletet, elképzelést tekinthetjük innovációnak. Széchenyi számtalan ötlete mind megvalósult, az országnak hasznot hozott, tehát őt igazi innovátornak tekinthetjük.

### 3. SZÉCHENYI A MÉRNÖK?

Lipthay Sándor a 2. fejezetben idézett gondolatait így folytatja: „Nem vált mérnökké, a szónak közönséges értelmében, a minthogy jogi tanulmányi sem avatták hivatásszerű jogtudóssá. Mégis ő veti meg alapját hazánk

*összes műszaki alkotásainak, a minthogy ő kezdeményezte az elavult jogállapotainkból való kibontakozást is. Mérnök és jogász volt ő együttesen a szónak magasabb értelmében; ... e kettős minőségben szolgálta mindvégig nemzeti felvirágzásunk nagy érdekeit.”*

Mint az 1. fejezetben már utaltunk rá, Pattantyús-Ábrahám Géza ennél lényegesen továbbment, hiszen Széchenyit a legnagyobb magyar mérnöknek nevezte.

De mérnök volt-e egyáltalán Széchenyi? A szigorúan vett mai jogi értelmezés szerint mérnök az, aki valamely felsőoktatási intézményben mérnöki végzettséget szerzett. Ennek alapján Széchenyit nem tekinthetnénk mérnöknek, hiszen iskolai keretek között nem folytatott műszaki tanulmányokat.

Ha viszont a szűken vett jogi értelmezésen túllépve tartalmi megközelítésben keressük a kérdésre a választ, akkor két megállapítást is tehetünk [4]:

- Önmagában a mérnöki diploma nem elég, a mérnök titulust nem minden műszaki diplomás érdemli ki.
- Munkásságuk alapján kivételes esetekben mérnöknek tekinthetünk olyan műszaki alkotókat, akik nem rendelkeznek mérnöki végzettséggel.

Utóbbival kapcsolatban két esetet különböztethetünk meg.

- A korábbi évszázadok egyértelműen mérnöki alkotásokat létrehozó, kiemelkedő műszaki alkotói (pl. az ókor nagy építései, a XII. század közepén készült, ma is álló regensburgi Duna-híd építői, vagy Leonardo da Vinci, aki számos hadigépet, épületet tervezett, és 1500 körül a csatornaépítés, a folyószabályozás, az öntözőrendszerek, a víztározók és hidak legkeresettebb szakértőjének számított) elvileg sem szerezhettek mérnöki diplomát, hiszen az első mérnökképző intézmények csupán a XVIII. század vége felé kezdték meg működésüket. Sőt, maga a mérnök kifejezés is csupán a középkortól létezik, a mérnök szó angol megfelelője az „engineer”, vagy a német az „Ingenieur” az 1250-es évekből származó latin ingenium fogalomból származtatható.
- De az utóbbi két évszázadban is számos olyan nagyszerű műszaki alkotó tevékenykedett, akiket nem megszerzett címük, hanem tevékenységük tesz mérnökké. Thomas Alva Edison mindössze pár hónapig járt iskolába, és mégis több mint ezer

szabadalom, köztük korszakos műszaki alkotások sora fűződik a nevéhez. Az ipari forradalmat megalapozó modern gőzgép kifejlesztője, James Watt gyermekkorában nem járt iskolába, édesanyja tanította, majd csupán a műszerész szakmát tanulta ki. Ganz Ábrahám sem iskolában tanulta a mérnökséget, öntőmester volt. A tökéletes kéregöntés kifejlesztéséért számos nemzetközi szakmai elismerést kapott, az általa alapított gyár pedig a honi gépészeti tudományok központi műhelye lett. Csonka János szakmunkásból autodidaktaként vált gépészmérnökké úgy, hogy végighallgatta a József Műegyetem gépészmérnök hallgatóinak összes előadását, a gépészmérnöki cím használatára a Mérnöki Kamara hatalmazta fel 1924-ben találmányai, szakmai eredményei alapján. Frommer Rudolf felsőkereskedelmi iskolát végzett, mégis kiváló konstruktórré vált, számos fegyver-találmányára kapott több országban szabadalmat. Schwarz Dávid, aki a léghajózás valamennyi alapvető kérdését megoldotta és feltalálta a szilárd burkolatú, kormányozható léghajót csak 6 elemít végzett. A golyóstoll feltalálója, a festőművész és újságíró Bíró László József több tucat műszaki találmányára kapott szabadalmat. Automata sebességváltója szabadalmát a General Motors vette meg. Megemlíthetjük, hogy Galamb József elvégezte ugyan a Budapesti Állami Felsőipariskolát, de nem diplomáját kérték tőle (valószínűleg magával sem vitte Amerikába), hanem próbarajzot kellett készítenie. Nem a diplomája, hanem tudása és képességei alapján tervezhette meg a XX. század autóját, és lett később a Ford főmérnöke.

M. Csizmadia Béla, a Magyar Mérnöki Kamara Gépészeti Tagozatának elnöke a mérnökséggel kapcsolatban így fogalmaz [5]: *„A mérnök az elődei tudását összegzi magában, amelyet felhasználva és a jelen, általa megoldható problémáit felismerve, azok megoldásán fáradozik. Mindezt úgy teszi, hogy mindig emberibb, élhetőbb jövőt építsen. .... A mérnök mindig tanul, nyitott szemmel jár a világban, felismeri az általa megoldható problémákat, analizálja a valóságot és megoldást keres ...”*

A mérnökség tartalmát tekintve tehát kimondhatjuk, hogy annak műveléséhez a

mérnöki diploma önmagában még nem elégséges, kivételes képességű műszaki alkotók esetében pedig nem is szükséges. Tartalmi megközelítésben mérnöki végzettség hiányában is mérnöknek tekinthető az, aki

- mérnöki alkotások létrejöttének tevékeny részese,
- mérnök módjára gondolkodik, dolgozik és él, akit mérnöki tulajdonságok jellemeznek.

Széchenyi műszaki munkásságának legfontosabb eredményeit az 1. fejezetben tömören összefoglaltuk. Neki köszönhetően felépült a Pestet és Budát összekötő híd, amely csaknem két évszázaddal később is a Széchenyi által vizionált magyar főváros, Budapest ékköve, a világ egyik legszebb lánchídja. Megépült az Alagút, a Széchenyi által alapított József Hengermalmot szándéka szerint sok száz gőzmalom követte Magyarországon. Széchenyinek, majd a közvetve általa Magyarországra „csábított” Ganz Ábrahám és Mechwarth András zsenialitásának köszönhetően „liszt nagyhatalom”-má váltunk.

Széchenyi nem csak megálmodta, menedzselte ezeket a máig ható nagyszerű alkotásokat, hanem foglalkozott kifejezetten műszaki kérdésekkel is, kezdeményezője és aktív résztvevője volt a műszaki eszmecsereknél, vitáknál, műszaki kérdésekben döntéseket is hozott, nagyszabású műszaki alkotások létrejöttének meghatározó részese volt!

Melyek azok a tulajdonságok, amelyekkel a mérnököknek rendelkezniük kell, és amelyek Széchenyit is jellemzik?

A mai mérnököktől elvárt a széles látókör, a kreativitás, a nyitottság, a másutt működő modellek megismerésének vágya, azok alkalmazásának képessége, a változtatás bátorsága, az elmélet és gyakorlat összhangja, az élethosszig tanulás belső igénye. Széchenyi utazásai során gyárosokkal, mérnökökkel lépett kapcsolatba, hidakat tanulmányozott, gyárat látogatott, kérdezett, tanult, jegyzetelt. A külföldön látott korszerű műszaki megoldásokkal kapcsolatban azonnal felismerte a hazai hasznosítás lehetőségét.

A mérnököktől elvárt kommunikációs készség, a csapatban dolgozás képessége egyértelműen jellemezte Széchenyit. Több nyelven kiválóan írt és beszélt, mindenkivel szót tudott érteni. *"Eddig csak úgy dolgoztunk, mint egyes huszárok – időnköz ez többé nem illik – már most plánum szerint és*

*összetartással kell dolgoznunk"* – írja Wesselényinek. Az AI-Duna szabályozásakor legalább száz bányász és ezer munkás munkáját személyesen felügyelte.

Széchenyit a mérnöki tevékenység során elengedhetetlen precizitás és rendszerező gondolkodásmód jellemezte. *„Matematikai biztosságra, axióma-szerű tisztaságra, a természettudományok csalhatatlanságára hivatkozik minduntalan, amikor reformjait ajánlja.”* – írja róla Andrassy Gyula.

Egy mérnökkel szemben alapvető elvárás az etikus, felelősségteljes hozzáállás, alkotásai társadalmi hatásának szem előtt tartása. Pattantyús Ábrahám Géza szerint: *„A gépészmérnöki hivatás felelősségteljes gyakorlásához az alapos szaktudáson felül széles látókörre, erkölcsi érzékkel párosult jellemerőre és felelősségtudatra van szükség”.* *„Az ember csak annyit ér, amennyi hasznot hajt embertársainak, hazájának, s ezáltal az egész emberiségnek.”* – mondta Széchenyi, és ennek szellemében élt és dolgozott. A Pattantyús professzor által elvárt jellemerő és felelősségtudat sajátja volt!

### 3. SZÉCHENYI A MÉRNÖK!

Pattantyús-Ábrahám Géza kijelentése tehát megalapozott volt: Nagyszerű alkotásai, mérnöki tulajdonságai, Magyarország műszaki fejlődése terén elért máig ható eredményei alapján méltán tekinthetjük Széchenyit nem csak a legnagyobb magyarnak, hanem a legnagyobb magyar mérnöknek is.

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Liphay Sándor: Gróf Széchenyi István műszaki alkotásai, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest (1896)
- [2] Széchenyi István: Világ, Pesten, Fűskuti Landerer Nyomtató Intézetében (1831)
- [3] Fekete József, Váradi József: Széchenyi tanításai, Királyi Magyar Egyetemi Nyomda, Budapest (1926)
- [4] Horváth Sándor, Legeza László: A legnagyobb magyar mérnök? Gróf Széchenyi István, a műszaki alkotó, OGÉT 2017 XXV. Nemzetközi Gépészeti Találkozó, Kolozsvár, Románia, 2017. április 27-30., Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT), pp. 28-31. ISSN 2068-1267
- [5] Csizmadia Béla: A modellalkotás elvei és módszerei, Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka 8., Kolozsvár, Románia, 2003. március 21-22., Erdélyi Múzeum-Egyesület (EME), pp. 23-30.

# AZ AUTONÓM JÁRMŰVEKBEN REJLŐ LEHETŐSÉGEK ÉS VESZÉLYEK

## DANGERS AND POSSIBILITIES IN AUTONOMOUS VEHICLES

*Dr. Kiss Gábor, [kiss.gabor@bgk.uni-obuda.hu](mailto:kiss.gabor@bgk.uni-obuda.hu), Tóth László, [lacko.toth55@gmail.com](mailto:lacko.toth55@gmail.com),  
Berecz Csilla Éva, [csilla.eva.96@gmail.com](mailto:csilla.eva.96@gmail.com)*

### ABSTRACT

Car factories and software developers have been working for years to achieve safe autonomous driving. Vehicles are passing their tests successfully, in some cases even preventing accidents that would have been the driver's fault. However, there are also reports of failed tests as the technology is still being tweaked.

The aim of this article is to shed light on some of the factors that negatively affect different stages of development and to examine the functionality of these vehicles, paying close attention to prove the importance of coworking between mechanical engineers and safety engineers to prevent accidents caused by fooled autonomous vehicles.

### 1. BEVEZETÉS

A gépészmérnökök és biztonságtechnikai mérnökök együttműködése az autonóm járművek fejlesztése során elengedhetetlen, hiszen a világunkban az élet szinte elképzelhetetlen autó nélkül. A digitalizáció fokozatosan kiterjed erre a területre is, így már információforrásként is kell tekintenünk a járművekre. Hatalmas lehetőségek rejlenek egy olyan autóban, ami a tulajdonosához, a közlekedéshez és a környezethez egyszerre képes idomulni.

A cikk célja olyan szituációk, körülmények és esetek bemutatása, amivel bizonyítjuk, hogy ezek a járművek nemcsak hackelés útján befolyásolhatók, elegendő hozzá némi kreativitás és a megfelelő eszközök.

Az önvezetés elterjedésének 3 nagy feltétele van: a technológia tökéletesítése, a jogi szabályozás és az etikai megfelelés.

### 2. SZINTEK

A Society of Automotive Engineers (SAE) J3016\_201609 „Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems” szabványában

meghatározott 6 szintre osztják a járműveket. A 0. szinten vannak azok a járművek, melyek semmilyen segítő funkcióval nem rendelkeznek, az 1. szinten vannak a vezetés támogatással felszerelt járművek, a 2. szinten már rövid időre képes átvenni az irányítást a jármű. A 3. szinten a jármű megfelelő körülmények között képes vezetni, azonban a körülmények megváltozása esetén azonnal visszaadja az irányítást és fékezésbe kezd, a 4. szintű autók már képesek magukat kivezetni a forgalomból olyan esetben, amit nem képesek önállóan megoldani és így biztonságos körülmények között tudják visszaadni a kormányzást a vezetőnek. Az 5. szint a teljes önvezetés szintje, ahol már nincsenek pedálok, kormány, tulajdonképpen sofőr sem.

Az 5. szint még kísérleti stádiumban van, így az elterjedésére előreláthatóan éveket kell várni. Ugyanakkor 4. szintű önvezetésre képes autót már mutattak be és rendelhető is, a horvát Rimac cég Concept Two modelljének tulajdonosai 2020-ban ülhetnek bele a járműveikbe [1], de már kamionoknál is feltűnt 4. szintű önvezetésre képes jármű, a Ford F-Vision Future Truck [2].

### 3. SENZOROK ÉS A MESTERSÉGES INTELLIGENCIA

Az autonóm járművek leggyakrabban radarral, kamerával, LiDAR-ral és ultrahanggal vannak felszerelve. A rendszerek LiDAR vagy kamera alapúak. A felszereltségkor fontos a szenzorok elhelyezése, hogy a jármű 360 fokban képes legyen érzékelni maga körül. A szenzorok mérete a legtöbb esetben már apró, gondoljunk a Teslákra, ahol már szinte nem is láthatóak. A kommunikációjuk vezetékesen megoldott a biztonság miatt, ami szabványosított. Két szabványt használnak, az egyik a FlexRay kommunikációs rendszer, melyet az ISO 17458-1:2013 szabvány ír le, a másik pedig a Controller



Area Network (CAN), melyet az önvezető járművekhez fejlesztettek ki.

A szenzorok fúziója lehet alacsony szintű, amikor csak az értékek összehasonlítása történik meg, a magas szintű fúzió esetén pedig következtetéseket kell leszűrni a beérkező adatokból. A szenzorokból érkező adatokat a 3. szintű önvezetéstől felfelé már mesterséges intelligencia (MI) kapja, ami képes 1/30 másodperc alatt feldolgozni azokat, döntést hozni, hiszen ezeken a szinten a jármű már képes rövid önvezetést megvalósítani.

#### 4. AZ ÖNVEZETÉS JELENLEGI TECHNOLÓGIÁJÁBAN REJLŐ VESZÉLYEK

A teljes önvezetés még fejlesztés alatt áll, így rengeteg olyan területe akad, ami veszélyt hordoz magában, annak ellenére, hogy alacsonyabb fejlettségű szinten már kereskedelmi forgalomban elérhető a technológia.

##### 4.1. Időjárás

Az időjárás ugyanolyan ellensége lehet egy önvezető autónak, ahogy egy sofőrnek. A LiDAR alapú rendszerek nagy hátránya, hogy nem megfelelő időjárás esetén - pl. köd - nem biztosítanak pontos eredményeket. A kamera és az időjárás viszonya nyilvánvaló, a kamera könnyedén 'vakká' (1. ábra). A gyártók ennek elkerülése érdekében redundáns rendszereket építenek, de felmerül, hogy csak a radar és az ultrahang elég lesz-e ahhoz, hogy elirányítsa a járművet egy viharban?

Mindezen felül, a szenzorok elhelyezése is igen érzékennyé teheti azokat, a felverődő sár és kosz



bármelyik szenzort kiiktathatja, a kavicsok pedig karcosításokat és egyéb sérüléseket okozhatnak a lencséken, illetve a szenzorokat védő felületeken.

1. ábra. Láthatatlan felfestés

Ugyanakkor a jó időre is fel kell készülni, amennyiben a Nap pont olyan szögben süt a kamerára, hogy elvakítja azt – márpedig a szemmagasságban elhelyezett kamerával ugyanúgy megtörténhet ez, ahogy a sofőrökkel -, máris kiesett egy szenzor. Ennek érdekében már a tervezéskor fontos figyelembe venni, hogy a

kamerák látómezőjének legyen metszete, egy kamera kiesésekor ne maradjon kritikus vakfolt és lehetőség szerint eltérő magasságban kell elhelyezni őket.

##### 4.2. Infrastruktúra

Az utak és felfestések minősége az egyik fontosabb szempont az önvezetés megvalósításánál. A jelenlegi rendszerek első sorban autópályán teljesítenek jól, mivel az ottani körülmények az ideálisak, kevés a zavaró vagy felesleges tényező, amit számításba kell venni.

A különböző javítások és karbantartások nehezítik az önvezetés megvalósítását. Erre példa, amikor a régi sávokat fekete festékekkel



takarják el, ami viszont jobban csillog, mint a fehér festék, így akár erősebben is látszódhat bizonyos fényviszonyok között (2. ábra).

2. ábra. Fekete festékekkel javított felfestés

A felfestések hiánya is megszokott kisebb településeken, azonban az önvezetés biztonságát javítaná, ha mindenhol lenne. Egy hiányos vagy rossz minőségű felfestés esetén az önvezető autó



eltéríthető lehet egy másik jármű által vetített sávokkal, mely technológiáját a Mercedes-Benz Digital Light már lehetővé teszi (3. ábra) [3].

3. ábra. Mercedes-Benz: Digital Light technológia

A kátyúk is problémát okozhatnak. A MI-nak fel kell tudnia ismernie időben, hogy a kátyú kikerülése, a fékezés vagy a keresztülhajtás a jobb megoldás, figyelembe véve a környező járművek helyzetét, távolságát, sebességét, illetve a kátyú méretét, mélységét.

A kopott vagy hiányzó táblák is lehetőséget szolgáltatnak az autonóm jármű kijátszására. A táblák módosításával, letakarásával, meghamisításával a jármű útvonala befolyásolható vagy éppen egy útszakasz túlterheltté tehető, hiszen a járművekben ma

alkalmazott táblafelismerő rendszer becsapható [4], így szükség lenne egy olyan megoldásra, amivel hitelesíthetővé válnának a táblák és a jelentésük. Lehetőségként felmerül egy központi térkép használata, ugyanakkor a valóság és a térkép adataiban fellelhető különbözőség esetén (pl. útterelés, egyéb forgalmi rend változása) is szabályozni kell, melyik adat élvezzen prioritást (az észlelt, vagy a tárolt) a döntéshozatalkor.

#### 4.3. Közlekedés résztvevői

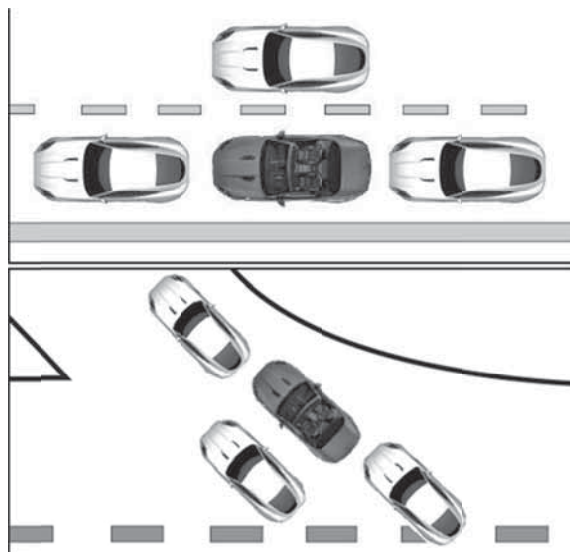
Az önvezetés elterjedése közben lesz egy időszak, amikor a hagyományos és az önvezető járművek egymás mellett közlekednek. Ez az időszak újabb biztonsági kockázatot hordoz magában, a sofőrök hozzáállása megváltozhat, veszélyesebb szituációkba mehetnek bele, bízva az önvezető jármű gyorsabb reagálásában és ütközésselkerülésre való törekvésében, ezzel újabb baleseti szituációkat teremtve.

Az alacsonyabb szintű önvezetésnél talán még fontosabb a közös tervezői munka, mint az 5. szinten, ugyanis átlagosan 6 mp-re lesz szüksége a 3., 4. szintű önvezető jármű sofőrjének, hogy probléma esetén átvegye az irányítást (pl szundikálásból riadva) [5].

#### 4.4. Mesterséges intelligencia

Az önvezető autók rendszerének alapja a mesterséges intelligencia, ami egyszerre nyit meg lehetőségeket és okozhatja a legkomolyabb problémákat a rendszerben. Az alkalmazásának köszönhetően a közlekedés során végtelen számú döntést képes meghozni a jármű, mivel képes a környezetéhez igazodva reagálni. Ugyanakkor mindig számításba kell venni azt, hogy a MI készítői továbbra is emberek. Ahogy nemrégiben a Teslánál is előfordult [6], egy elégedetlen munkatárs belenyúlhat a kódokba. Ennek az okát fejtegethetnénk, de az eredmény számít leginkább. Az MIT-n idén tavasszal létrehozták a világ első pszichopata mesterséges intelligenciáját, hogy prezentálják, mekkora veszély rejtőzik a technológiában és az alkalmazásának területein [7]. Norman, a pszichopata MI tanításakor nem a hagyományos adatbázist használták, hanem a Redditről gyűjtött képeket, majd elvégeztek rajta egy Rorschah tesztet, aminek az eredményét összehasonlították egy hagyományos MI válaszaival. A teszt kimutatta, hogy Norman teljesen eltérő, sötét jelentésű dolgokat látott bele a felmutatott tintafoltokba. Egy ilyen MI a tesztelés során valószínűleg elbukna, azonban ha úgy alkotják meg a kódot, hogy csak bizonyos hang, tábla, rádiójel, stb. kelti életre a MI pusztító szándékait, máris egy jóval komplexebb problémával állunk szemben. Ez a lehetőség a tesztelés folyamán

nem feltétlenül derül ki, amennyiben a választott jel elég ritka, így nagyon nehéz kivédeni, mégis



olyan pusztítási lehetőség lakozik benne, amitől tartani kell.

4. ábra. Becsapódás

#### 4.5. Becsapódás és kimenetele

A becsapódás lényege az önvezető autó eltérítése, megállásra kényszerítése (4. ábra). Ezt megtehetjük hagyományos járművekkel, de akár gyalogosokkal is, amennyiben a jármű álló helyzetben van. Mivel az önvezető rendszer arra fog törekedni, hogy ne ártson senkinek és betartsa a KRESZ-t, ha körbeállják, nem lesz képes kitörni a gyűrűből. Ennek megelőzésére felvetődik a lehetőség, hogy helyezzenek el az autókban egy funkciót, amivel a sofőr felelősségére a jármű kitörhet, akár mások épségének kockáztatásával is. Ugyanakkor ennek a gombnak a használata magával hoz olyan eseteket is, amikor jogtalanul használják, másnak kárt okozva.

#### 5. KAMIONOK

Az önvezetés egyik legnagyobb lehetősége a kamionokban rejlik. Az autonóm teherszállítás jóval gyorsabb lenne, mivel nincs szükség pihenőidőre, így a szállítás folyamatosan valósulna meg. Ezen felül a platooning technológiával haladó kamionok kisebb követési távolsággal, ezáltal környezetkímélőbb módon lennének képesek haladni. Ilyenkor digitálisan össze vannak kapcsolva és a legelől haladó jármű irányítja a többit is, így gyorsabban képesek fékezni vagy más manőverbe kezdeni.

A legtöbb nagy gyártó már foglalkozik önvezető kaminok fejlesztésével, ilyen a Ford F-Vision Future Truck, a Volvo Vera vagy a Tesla Semi nevű modellje [2][8][9].

## 6. TÖMEGKÖZLEKEDÉS

Az önvezetés hatása a tömegközlekedésre is jelentős lehet, akár alapjaiban is képes lenne megváltoztatni azt. Nemcsak az önvezető járművekre kell gondolnunk, habár már erre is léteznek példák buszok és metró formájában is – Magyarországon az M3 és M4 is -, a különböző share szolgáltatásokkal is összefüggésbe hozhatjuk. Erre a legjobb példa a Volvo által kínált lehetőség, amikor az autóban van egy állandóan helyén lévő 'pótkulcs' és egy applikáció segítségével kölcsönvehetjük az éppen nem használt autót a vezető engedélyével [10]. A módszer nagyon hasonlít a különböző share szolgáltatásokra (e-bike, MOL Limó, stb.), ugyanakkor nagy előnye, hogy a parkoló autókat be lehetne vonni a forgalomba kihasználatlanságuk idején, így felszabadulnának a parkolóhelyek és kevesebb autóra lenne szükség.

Az önvezetés megvalósítása kötöttpályás közlekedésnél a legegyszerűbb, azonban, ahogy korábban említettük, nemcsak ezen a téren van jelen. Napjainkban már minden típusú tömegközlekedési eszköznek létezik tesztelés alatt álló, önvezető modellje.

A Volvo már arra is készül, hogy a rövidebb repülőutakat képes legyen önvezető autókkal kiváltani. [11] A 360c még csak teszt, de már az 5. szintet próbálgatja. A korábban említettek alapján azonban még jó ideig kell várunk rá, hogy beülhessünk egy ilyen járműbe.

## 7. ÖSSZEFOGLALÁS

Az önvezetés a jövő elkerülhetetlen tartozéka, azonban még nem áll olyan szinten a technológia és az infrastruktúra, hogy az elkövetkező években a mindennapi életünk része lehessen. A fent felsorolt problémák csak kiragadott lehetőségek arra, hogy bemutassák, egy hagyományos autó, még ha fel is van szerelve vezetéstámogató funkciókkal, mennyire rá van bízva a vezetőjére és hogy ezt egy önvezető rendszer még nem képes teljes körűen átvenni. Ugyanakkor mindenképpen említendő, hogy az autonóm járművek használata rengeteg előnnyel fog járni. A közlekedést dinamikusabbá, biztonságosabbá teszi, valószínűleg a jelenlegi 1,3 millió halálesetnél kevesebb lesz. A humán faktor kizárásával az utazási idő hasznos idővé alakulhat, ami megrövidítheti a munkahelyen eltöltött időt, kizárhatja a gyenge képességű vagy idős sofőrök félelmeit és szélesebb réteghez juttathatja el a kényelmes közlekedést.

## 8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikk kutatásaihoz az Új Széchenyi Terv keretein belül az EFOP-3.6.2-16-2017-00016

számú projekt biztosított forrást. A kutatás az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg

## 9. IRODALOM

- [1] 680 millió forintért viszik, mint a cukrot a horvátok Tesla-verő csodautóját, hvg.hu, 2018. április. 01. 08:35 [http://hvg.hu/cegauto/20180401\\_680\\_millio\\_fortert\\_viszik\\_mint\\_a\\_cukrot\\_a\\_horvatos\\_teslaver\\_o\\_csodautojat](http://hvg.hu/cegauto/20180401_680_millio_fortert_viszik_mint_a_cukrot_a_horvatos_teslaver_o_csodautojat)
- [2] Papp T.: A jövő kamionja elektromos és vezeti önmagát, Totalcar Magazin, 2018.09.25. 18:06 [https://totalcar.hu/magazin/2018/09/25/hannover\\_lapozgato/](https://totalcar.hu/magazin/2018/09/25/hannover_lapozgato/)
- [3] Tóth Z.: Full-HD-ben vetít a jövő autólámpája, Totalcar Magazin, 2018.03.07. 17:39 [https://totalcar.hu/magazin/hirek/2018/03/07/full-hd-ben\\_vetit\\_a\\_jovo\\_autolampaja/?token=74a0fa51be53a4b61b5b987274c38cd4](https://totalcar.hu/magazin/hirek/2018/03/07/full-hd-ben_vetit_a_jovo_autolampaja/?token=74a0fa51be53a4b61b5b987274c38cd4)
- [4] Sitawarin, C. Bhagoji, A. N. Mosenia, A. Chiang, M. and Mittal, M.: DARTS: Deceiving Autonomous Cars with Toxic Signs. PACM Interact. Mob. Wearable Ubiquitous Technol. 0(0), 2018
- [5] Funkhouser K., Drews F.: Reaction Times When Switching From Autonomous to Manual Driving Control, Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, ISSN: 1541-9312, 2016.
- [6] Hegyeshalmi R.: Elon Musk: Szabotázs történt a Teslánál, Totalcar Magazin, 2018.06.19. 15:56 [https://index.hu/tech/2018/06/19/elon\\_musk\\_sza\\_botazs\\_tortent\\_a\\_teslanal/](https://index.hu/tech/2018/06/19/elon_musk_sza_botazs_tortent_a_teslanal/)
- [7] Cebrian M., Rahwan I. and Yanardag P.: AI-Powered Psychopath, 2018. 04.01. <http://norman-ai.mit.edu>
- [8] Csordás G.: A Volvo önvezető kamionjára már fülke sem kell, Player.hu, 2018. 09.17. 13:00 <http://player.hu/auto-motor-2/volvo-trucks-vera/>
- [9] Tesla: Semi, 2017. <https://www.tesla.com/semi>
- [10] Csikós Zs.: Ez ütni fog, Menetpróba: Volvo XC40, Totalcar Magazin, 2017. 11. 24. 06:06 [https://totalcar.hu/tesztek/2017/11/24/menetprob\\_a\\_volvo\\_xc40\\_2017/](https://totalcar.hu/tesztek/2017/11/24/menetprob_a_volvo_xc40_2017/)
- [11] Andróczy B.: Repülő-utasokat rabolna a Volvo legújabb járműve, Totalcar Magazin, 2018.09.05. 15:26 [https://totalcar.hu/magazin/hirek/2018/09/05/repulo-utasokat\\_rabolna\\_a\\_volvo\\_legujabb\\_jarmuve/](https://totalcar.hu/magazin/hirek/2018/09/05/repulo-utasokat_rabolna_a_volvo_legujabb_jarmuve/)

# SÍKFALÚ TARTÁLYOK GAZDASÁGOS MÉRLETEZÉSE

## ECONOMIC DESIGN OF RECTANGULAR STORAGE TANKS

Dr. Orbán Ferenc PhD, orb@mik.pte.hu

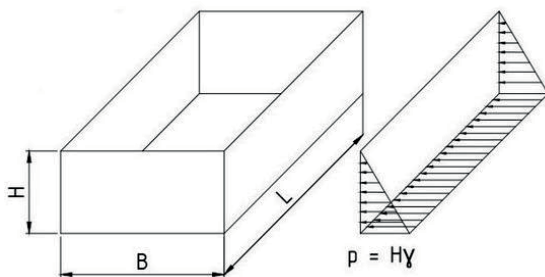
### ÖSSZEFOGLALÁS (ABSTRACT).

Rectangular storage tanks hold liquid or granular materials. While a cylindrical shape structurally the best for tank construction, rectangular tanks are frequently preferred because these tanks suit the site requirements better. Unstiffened tanks have large wall thickness, that is why it is more economic to use stiffeners. Two types of stiffeners, horizontal and vertical, are used. The stiffeners used for this tank are halved rolled I-sections. When designing the stiffeners, we calculated not only with the T-shaped stiffeners but also the effective part of the tank wall.

### 1. BEVEZETÉS

A síkfalú tartályok leggyakrabban folyadékot, vagy szemcsés anyagokat tárolnak. A síkfalú tartályok hátránya, hogy a térfogategységre jutó anyagigénye nagyobb, mint a hengeres vagy gömb tartályoké, de a térkihasználása jobb és a gyártás egyszerűbb. [2]

A következőkben a hidrosztatikus nyomással terhelt tartályokkal foglalkozunk. A tartály fő méretei az 1. ábrán láthatók.



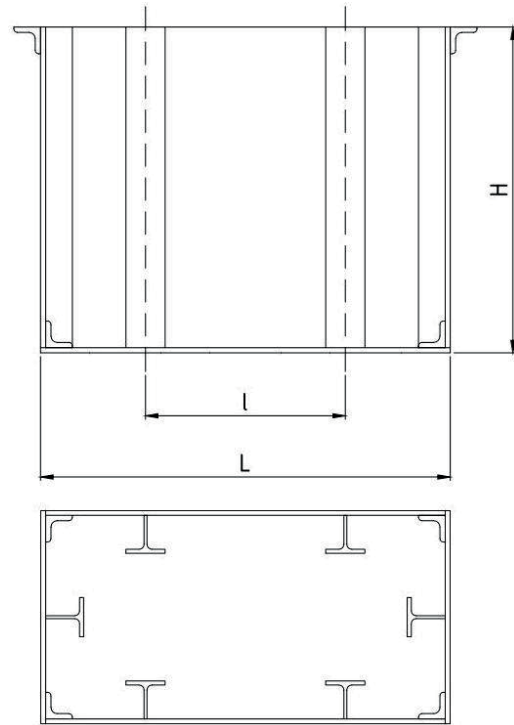
1. ábra. A tartály geometriai fő méretei.  
B szélesség; L hosszúság; H magasság.

A merevítő nélküli tartályok esetén nagy falvastagságok adódnak, ezért merevítőket célszerű alkalmazni.

A merevítők elhelyezhetők függőlegesen és vízszintesen is. Az [1] irodalom szerint, ha a tartály térfogata 10 m<sup>3</sup>-nél kisebb, akkor függőleges merevítőt célszerű alkalmazni, ha nagyobb, akkor vízszintes merevítőt.

### 2. FÜGGŐLEGESEN MEREVÍTETT TARTÁLYOK

A méretezés során meghatározzuk a szükséges tartályfal vastagságot és a merevítők méretét.



2. ábra. Függőlegesen merevített tartály.

A legnagyobb hajlításból származó feszültség a lemezben

$$\sigma = \frac{\beta \cdot p \cdot l^2}{s^2}$$

A  $\beta$  értéke függ az  $\frac{l}{i}$  aránytól, ahol  $l$  a merevítők távolsága,  $p = L \cdot \gamma$  hidrosztatikus nyomás.

$$\sigma \leq f_{y1} = \frac{f_y}{\gamma_M}$$

$\gamma_M$  biztonsági tényező

A merevítők szükséges méretét abból a feltételből határozzuk meg, hogy megengedett lehajlás:

$$f_{MEG} = \frac{s}{2}$$

A merevítők maximális lehajlása:

$$f_{MAX} = \frac{5 \cdot p \cdot L^4}{768E \cdot I}$$

A megengedett lehajlás behelyettesítésével a merevítő és a vele együttdolgozó lemezrész szükséges másodrendű nyomatéka meghatározható. A tartályfalak élei akkor tekinthetők alátámasztottnak, ha az alsó, illetve a felső élek megfelelő merevségűek. Az élek merevítéseit terhelő reakció erők:

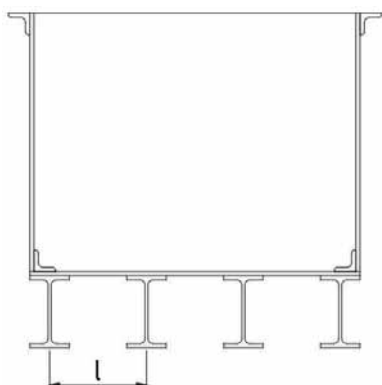
$$R_1 = \frac{pa}{6} \text{ és } R_2 = \frac{pa}{3}$$

A reakcióerők egyenletesen megoszló vonalterhelések.

### 3. VÍZSZINTESEN MEREVÍTETT TARTÁLY

Először a merevítők távolságát határozzuk meg.

A merevítők távolságát abból a feltételből számítjuk, hogy az egyes lemezrészletekben a hajlításból származó feszültség ne lépje túl a folyáshatárt. A maximális hajlító nyomatékokat úgy számítjuk ki, hogy a téglalap alaprajzú lemezrészek széleinek megtámasztását csuklósnak feltételezzük és alkalmazzuk a [4] irodalom adatait.



3. ábra. Tartókon nyugvó sík tartályfenék.

A merevítők távolsága meghatározható:

$$a_1^2 = \frac{t^2 \cdot f_{y1}}{6 \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \frac{a_1}{2}}$$

$a_1$  a merevítők távolsága

$\beta$  értéke a lemez oldalhosszának arányától függ, ha  $\frac{b}{a} \geq 2$ , akkor

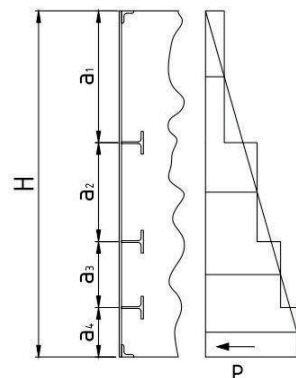
$$10^4 \cdot \beta = 945 + \frac{152800}{a_1}$$

A merevítők és a vele együttdolgozó lemezrész szükséges másodrendű nyomatéka az alakváltozási feltételből adódik.

A tartályfenék méretezése nagyban függ az alátámasztástól.

Ha a tartály síklapon fekszik fel, a fenék vastagsága  $s_f = s + 1$ . Ha a tartályfenék tartókon nyugszik, úgy a falvastagság megválasztása után a tartók távolságát határozzuk meg.

$$l = 1,155 \cdot s_f \sqrt{\frac{f_{y1}}{\gamma \cdot H}}$$



4. ábra. Vízszintesen merevített tartály.

### 4. ÖSSZEHASONLÍTÓ SZÁMÍTÁSOK

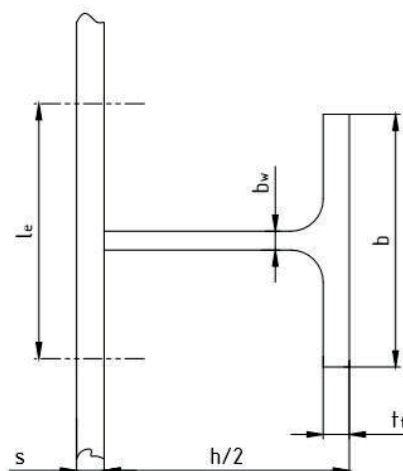
A következőkben egy 10 m<sup>3</sup>-es tartály méretezésének eredményeit mutatjuk be azokban az esetekben, ha függőleges, illetve ha vízszintes merevítőket alkalmazunk.

A kiinduló adatok a következők:

$L = 2400$ ,  $B = 2200$ ,  $H = 2010$ ,

$f_y = 235$  MPa;  $f_{y1} = f_y/1,1$ ;  $\gamma = 9,81 \cdot 10^{-6}$  N/mm<sup>3</sup>.

A tartály felső élét, valamint oldalfal és fenékmez csatlakozását szögvas elemmel merevítjük, az oldalfalakat T-szelvényű (félbevágott IPE szelvény) bordával.



5. ábra. Egy borda és a hozzátartozó lemez.

A merevítő keresztmetszetének számításánál az oldalfalak lemezrészeit is figyelembe vesszük. [3]

Hasonlítsuk össze a tartály súlyokat. Ha a tartály fala mindkét esetben 3mm-es, úgy elegendő a merevítők súlyát meghatározni.

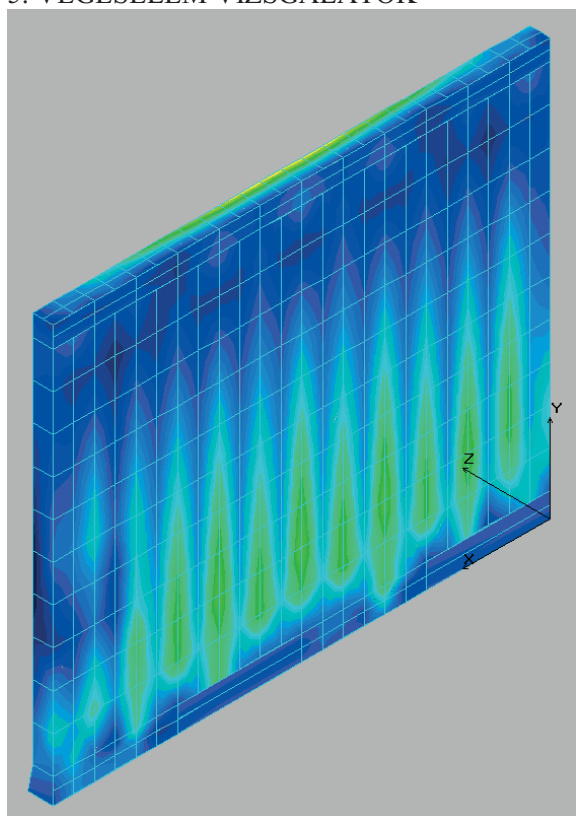
1. táblázat. Függőlegesen merevített tartály

Élmerevítő	Méret	Hossz m	Súly N
felső	L100x100x12	9,2	1606
alsó	L120x120x13	9,2	2102
oldal	fél IPE 160	36,8	2875
		Össz.	6582

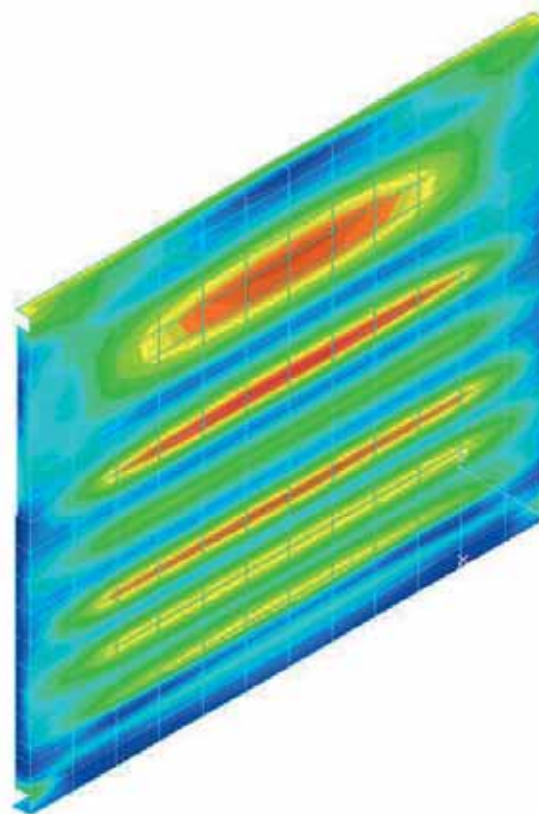
2. táblázat. Vízszintesen merevített tartály

Megnevezés	Méret	Hossz m	Súly N
Felső élmerevítő	L65x65x7	9,2	628
1. merevítő	fél IPE 120	9,2	492
2. merevítő	fél IPE 140	9,2	607,2
3. merevítő	fél IPE 140	9,2	607,2
Alsó merevítő	L80x80x8	9,2	871
		Össz.	3205,4

## 5. VÉGESELEM VIZSGÁLATOK



6. ábra. Függőlegesen merevített tartály.



7. ábra. Vízszintesen merevített tartály.

## 5. KÖVETKEZTETÉSEK

A 10 m<sup>3</sup>-es tartályok esetében a hosszirányban merevített tartályok kisebb súlyúak, a gyártási költségük is kedvezőbb, mert a hegesztési varrat hosszúságok rövidebbek.

Célszerű a tartályfal méretet a legkisebbre választani, de 3 mm-nél kisebb nem javasolt.

A bordák méretezésénél az alakváltozás korlátozás a mérvadó, a bordákban keletkező feszültségek a folyáshatár alatt maradnak.

A vízszintes merevítés hatékonyabb, csak kis magasságú tartályoknál lehet gazdaságos a függőleges merevítés.

## IRODALOM

- [1] Szántay B.: Vegyipari készülékek szerkesztése. Tankönyvkiadó. Budapest 1966.
- [2] Szabó I.: Fémtartályok. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978.
- [3] Farkas J., Jármai K.: Fémszerkezetek innovatív tervezése. Gazdász-Elasztik Kiadó és Nyomda
- [4] Timosenko S., Winowsky-Krieger S.: Lemezek és héjak elmélete. Bp. Műszaki Könyvkiadó, 1966.

# AZ EMBERI TRANSZFORMÁLÓDÁS A FORMATERVEZÉS ÉS TECHNOLÓGIAI VÁLTOZÁSOK TÜKRÉBEN

## DESIGNING AND TECHNOLOGY CHANGING AND APPLICATIONS TO HUMAN BODY TRANSFORMATION

*Darabos Anita DLA adjunktus, darabos.anita@gt3.bme.hu,  
Szalai Judit, tanszéki mérnök, szalai.judit@gt3.bme.hu*

**ABSTRACT.** The rich collection of artefacts and historic documents of the glass producing in middle ages, clearly suggests how they lived in the Middle Ages.

In this paper, the art-crafts objects are assessed as indicators of the cultural and personal identity. Most of the glass-objects were locally produced, their technology methods, was identified and associated with manufacturing centres by using a comparative method.

The glass objects represent dining traditions and habits, and personal belongings can be associated with the presentation of social status or individual expression.

**Key words:** ergonomic design, glass technology, roemer-glas, personal belongings, human body

### 1. A WALDGLAS TÖRTÉNETE

Az üvegyártás történetét áttekintve elmondható, hogy közép Európa erdei hutái, üvegekészítő műhelyei, az egész középkorban aktívak voltak.

Ebben közrejátszott, hogy a régió rendelkezett a szükséges természeti erőforrásokkal - az üvegyártás faanyag igénye nagy (körülbelül nyolc kilogramm fa szükségeltetett egy kilogramm üveg előállításához), továbbá, a tiszta, folyami homok is közvetlenül rendelkezésre állt, ráadásul, - a folyók közelsége miatt-, könnyen a gyártás helyszínére szállíthatók voltak más nyersanyagok is.

Az üvegyártáshoz szükséges szódát, a fából készült nagy kálium-karbonát tartalmú hamuzsírral helyettesítették, amely az erdők bükkfáinak köszönhetően bőségesen rendelkezésre állt.

Az itt készült üvegeket a nem teljes tisztaságú nyersanyagok, különösen a homok vas-oxid tartalma, zöldes, zöldes-barnás árnyalatúra színezte, ezért az itt készült termékeket, *Waldglas*, azaz erdei üveg néven ismerték már a középkorban is.



1. ábra: Egy középkori erdei üvegműhely ábrázolása. Bemutatja a különböző üvegyártási tevékenységeket: a háttérben a fából készült hamut égetik és elszállítják[1]

### 2. A RÖMER FORMAELOZMÉNYEI

A 15. századi leletek, a régészeti lelőhelyek és a kutatások azt mutatják, hogy az üvegáruk mennyisége és a típusok száma is fokozatosan növekedett ebben az időszakban.

Az üvegpoharakat többnyire plasztikus elemekkel díszítették, széles körben alkalmazott technika volt az üvegcsépek - "csomók", alkalmazása – az üveg felszínén.

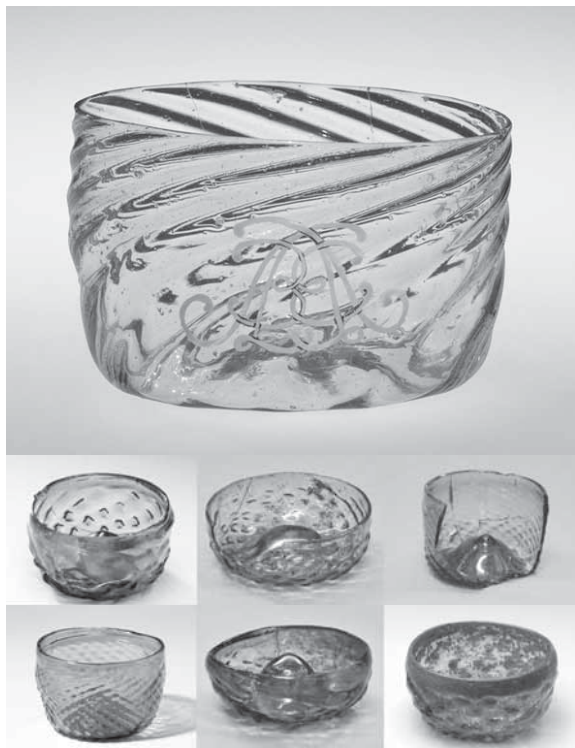
#### 2.1. Az optikai díszítésű Maigelein csészék

A 15. század egyik leggyakoribb üvegformája közé tartozott a zöld erdei üvegből készült rajnai üvegfúvók által termelt, ún. *Maigelein* formájú csészék, amely kicsi, alacsony, üreges csésze volt, kúpos talppal (hasonlóan a borospohár talpához).

Az üveg optikai díszítésű, enyhén gömbölyű falát általában spirálkeresztek,

rombuszok vagy kosárformák mintázatával díszítették.

A mintázatot közvetlenül hozták létre, mivel a forró üveget egy díszes agyagmintába, mint negatív formába fújták.



2. ábra: Optikai díszítésű Maigelein csészék, [2-8]

Széles körben alkalmazott módszer volt a csészék felszínén egy vagy két sorban, illetve spirális vonalban felhelyezett üvegcsappék alkalmazása.

## 2.2. A Krautstrunk kelyhek formai jellegzetességei

Egy ugyancsak közkedvelt késő középkorban elterjedt üvegtípus volt, az ún. *Krautstrunk*.

Az üvegfal mindig egy vagy több sor tüskés üvegcsappal tűzdelt kialakítású volt, így a díszítő elemek a tárgynak, káposztatorzsára emlékeztető formát kölcsönöztek.

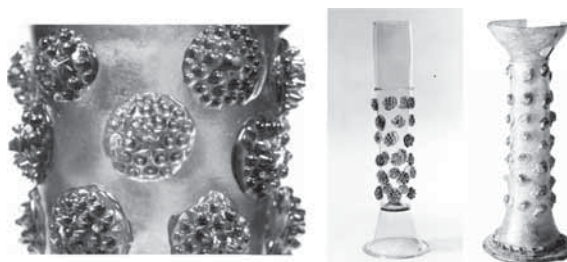
## 2.3. A Stangenglas kelyhek formavilágának jellegzetességei

Szintén az erdei zöld üveg egyik különleges díszített üvegtípusa a XVI. század elején megjelent ún. *Stangenglas* kehely.

A kehely 20-40 cm magas, hengeres vagy enyhén kúpos kialakítású volt, sokszor csavart és fogazott üvegszállal díszítve.



3. ábra: A Krautstrunk, azaz káposztatorzsa formájú kelyhek, a felszínen elhelyezett üvegcsappékkal [9-12]



4. ábra: A stangenglas. Szeder mintázatú üvegcsappékkal [13-15]

## 2.3. A Berkemeyer formai kialakítása

A XVI. században jelenik meg a Römerek előfutára a *berkemeyer* kehely, amely fordított kúp alakúvá formálódik át, a falvastagság elvékonyodik, majd a század második felében sötétebb lesz a törzs, mint a kehely. Vizuálisan a *berkemeyer* kelyhek és annak későbbi változatai, mindig három egymástól jól elkülönülő részből állónak tűnnek, - talp, törzs és kehely-, de valójában csak két részből tevődnek össze, mivel a törzs és a kehely forma belső része egy egybefüggő üreges részt alkot.

## 2.4. A rómer kehely formai kialakítása

A XVI. sz. végétől a *römer* kehely kúp formájú kehellyel rendelkezik és a törzsre csavarvonalban applikált üvegszál díszített. Az üvegcsappék díszítő formaként is funkcionálnak, például málna, szeder alakúak.





5. ábra: Berkemeyer formájú kehely. [16]

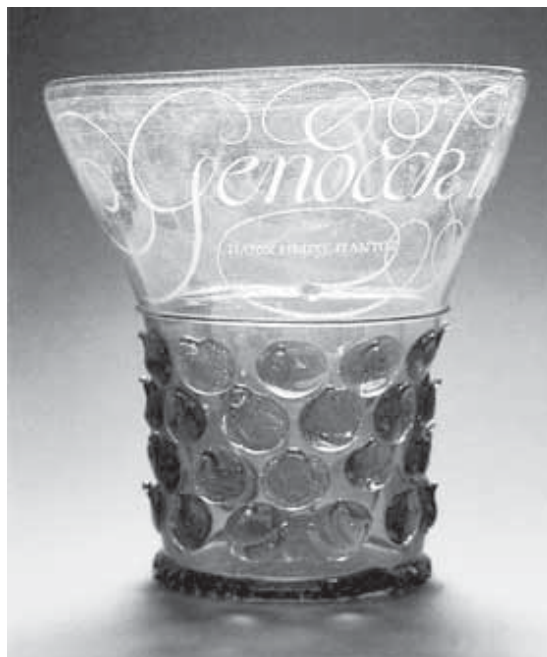


6. ábra: Römer formájú kehely[17]

A XVII. századtól egyre magasabbá, majd németországi és északhollandi befolyásra a berkemeier kehely formája fokozatosan gömbölyűvé válik, illetve a törzsön már nem alkalmazzák a csepp formákat.

Az erdei üvegből készült berkemeier és a römer, használata megmarad, különösen a fehérbor számára, de a velencei színtelen kristály kereskedelme, a 16. század Európában általánosan fellendül.

A maigelei-nek, a Krautstrunk-ok, a berkemeyer-ek a stangenglas-ok és a römer-ek általában sérült állapotban találhatók a gyűjteményekben, a díszített berkemeier-ek vagy romerek, például vésett képpel vagy szöveggel, azonban gyakoribbak a múzeumokban, mivel a ritka metszetek, kivételes hozzáadott értéket képviselt és képvisel ma is. [1]



7. ábra: Gravírozott römer kehely[18]

## 6. A MARKOLAT KONTROLLÁLÓ ERŐ, ÉS A KÉZMÉRET KAPCSOLATA

A kézfogási erő (HGS) és a markolatkontrolláló erő (GCS) a felső végtag funkciójának két előrejelzője a mindennapi életben végzett tevékenységek megvalósításához. Számos tanulmány kimutatta, hogy a kézi méret és a használt eszköz fogantyú átmérője önállóan befolyásolja a HGS-t.

Az eredmények szerint, hogy az egyes kézi méretek pozitív összefüggést mutattak a maximális HGS értékkel de nem befolyásolják jelentősen a GCS-t.

A kézfogás erősségét mindkét kézben befolyásolta a kéz mérete és a használati tárgy markolatának felületi tapadása. Ezek a megállapítások rávilágítanak arra, hogy a középkori üvegművesek által készített középkori üvegtárgyak formai kialakításukkal, a markolat hatékonyságát, és annak kézzel való kapcsolatát, rendkívül hatékony módon sikerült optimalizálni a korabeli iparművészeknek.

Jelen esetben a ivókelyhek felületi kialakítását vizsgálva, a kézi méreteknek az optimális tapadási tartományra gyakorolt hatását elemezve felismerhető, hogy az alkalmazott díszítőelemek a tárgy használatakor segítik a kéz ujjainak a megfogást, és határozott tapadást is biztosítanak, a megnövelt felületi elemekkel.

## 1. IRODALOM

[1] Catherine Hess, Timothy Husband: European Glass in the J. Paul Getty Museum: Catalogue of the Collections.

[2-8] Museum Boijmans Van Beuningen, Rotterdam, <https://www.boijmans.nl>

[9-12] Catherine Hess, Timothy Husband: European Glass in the J. Paul Getty Museum: Catalogue of the Collections, 33-35. old.

[13-15] <http://www.britishmuseum.org/>

[15] Historisches Museum Basel, <http://www.hmb.ch>

[16] Museum Boijmans Van Beuningen, Rotterdam, <https://www.boijmans.nl>

[17] The Museum of Fine Arts, Houston <https://www.mfah.org>

[18] Museum für Kunst und Gewerbe, Hamburg, <https://www.mkg-hamburg.de>

# HIPERSZINGULÁRIS INTEGRÁLEGYENLETEK ELSŐRENDŰ FESZÜLTSEGFÜGGVÉNYEKKEL L ALAKÚ ORTOTROP TEST PEREMÉN VÉGZETT FESZÜLTSEGSZÁMÍTÁSRA

## HYPERSINGULAR INTEGRAL EQUATIONS FOR THE TRAC-TIONS ON ORTHOTROPIC L-SHAPED BODIES IN TERMS OF FIRST-ORDER STRESS FUNCTIONS

Szirmik Sándor, PhD, egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Műszaki Mechanikai Intézet

### ABSTRACT

*This paper is devoted to the stress analysis with hypersingular integral equation is applied to plane strain problems of L-shaped bodies under the assumption that the material is orthotropic. The accuracy of stress computations on the boundary is greatly increased if one applies hypersingular integral equations instead of utilizing the traditional computational techniques of the boundary element method [1], [2]. It is a further advantage that the stress components can be computed directly by taking the derivatives of the first-order stress functions [4].*

### 1. BEVEZETÉS

A feszültségszámítás pontosítása a peremgörbén elsődleges feladat, mivel a hagyományos peremelemes feszültségszámítás a perem menti polinomiális közelítések deriváltjait használja fel, melyek képzése komoly hibaforrást jelent a formalizmusban különösen akkor, ha viszonylag jelentős a feszültségek perem menti megváltozása. A számítási eredmények azt bizonyítják, hogy a hiperszinguláris egyenletek alapján kifejlesztett kóddal a számítások numerikus pontossága már viszonylag alacsony elemszám mellett is lényegesen növelhető. A jelen tanulmány ezzel a kérdéssel foglalkozik a rugalmasságtan ortotrop síkfeladatai körében elsőrendű feszültségfüggvények alkalmazása mellett. Ebben az ún. duál rendszerben a [3] alatti tanulmány dolgozta ki a vonatkozó peremelemes formalizmust. A hiperszinguláris eljárás további előnye a hagyományos feszültségszámítási eljárással szemben, hogy közvetlenül szolgáltatja a jelentkező feszültségeloszlást mégpedig a teljes peremgörbe

bármely pontjában [4]. A bevezetésre kerülő számítási eljárás pontosságát feszültségsúcs környezetében, kis elemszám mellett jól demonstrálja a vizsgált L alakú tartományon kitűzött peremérték-feladat.

### 2. PEREMELEM MÓDSZER ELSŐRENDŰ FESZÜLTSEGFÜGGVÉNYEKKEL

A vizsgálatok tárgya egy ortotrop rugalmas test síkfeladata, azaz egy egyszeresen összefüggő,  $L_o$  peremgörbével határolt  $A_i$  belső tartományra előírt peremérték-feladat. A vonatkozó egyenletek felírásakor használt ún. indexes jelölésmódban a görög alsó indexek értéke 1, 2 lehet.  $x$  ( $x_1, x_2$ ) futópontot, míg  $y$  ( $y_1, y_2$ ) egy rögzített forráspontot jelöl. Elsőrendű feszültségfüggvények bevezetése után a síktartomány peremívén  $u_\lambda(x)$  feszültségfüggvények – ezek képezhetők az előírt feszültségekből, és  $t_\lambda(x) = -du_\lambda / ds$  elmozdulás deriváltak a vagylagosan előírható peremfeltételek. A peremelem módszer szokásos egyenletei az alábbiak:

$$u_\kappa(y) = \oint_{L_o} U_{\kappa\lambda}(x, y)t_\lambda(x)ds_x - \oint_{L_o} T_{\kappa\lambda}(x, y)u_\lambda(x)ds_x \quad y \in A_i, \quad (1)$$

$$c_{\kappa\lambda}u_\lambda(y) = \oint_{L_o} U_{\kappa\lambda}(x, y)t_\lambda(x)ds_x - \oint_{L_o} T_{\kappa\lambda}(x, y)u_\lambda(x)ds_x \quad y \in L_o, \quad (2)$$

$$0 = \oint_{L_o} U_{\kappa\lambda}(x, y)t_\lambda(x)ds_x - \oint_{L_o} T_{\kappa\lambda}(x, y)u_\lambda(x)ds_x \quad y \notin L_o \cup A_i, \quad (3)$$

ahol az elsőrendű alapmegoldást  $U_{\kappa\lambda}$ , a másodrendű alapmegoldást  $T_{\kappa\lambda}$  jelöli.  $c_{\kappa\lambda}$  pedig az  $y$  pontbeli peremgörbe érintőktől függ. Az alapmegoldások mátrixelemeiben mindig megjelenik a futópont és a forráspont  $r_\lambda = x_\lambda - y_\lambda$  távolságából képzett  $\rho_\alpha = r_1 + \beta_\alpha r_2$  érték, melyben  $\beta_\alpha$  egy

az ortotrop anyagjellemzőktől függő komplex-számot jelent [3]. Így az alapg megoldások az  $x$  jelű pont  $y$  forráspont-hoz való közeledésekor gyenge, logaritmikus ( $\ln \rho_\alpha$ ) típusú, illetve erős ( $\rho_\alpha^{-1}$ ) szingularitást mutatnak. Az (1) és (3) integrálegyenletekben a szingularitási probléma nem jelentkezik. A peremérték-feladat numerikus implementációja során a vizsgált feladathoz tartozó tartomány zárt  $L_o$  peremgörbéje  $n_{be}$  darab, három csomópontú peremelemre osztott. Egyes csomópontokban tehát vagylagosan elsőrendű feszültségfüggvények, vagy elmozdulás deriváltak az ismeretlen mennyiségek. A megoldást a peremen felvett csomópontokban lévő ismeretlenekre a (2) integrálegyenlet numerikus megoldása adja. További részletek a kapcsolatos peremelemes formalizmusról, ortotrop síkrugalmasságtani feladatok duál rendszerbeli alapegyenletéről, a peremfeltételekről (feszültségfüggvények számítása a terhelt peremíveken) a [3] alatti munkában található. A terjedelmi korlátokra is tekintettel ezeket itt külön nem ismertetjük.

### 3. HIPERSZINGULÁRIS INTEGRÁLEGYENLETEK

Az elsőrendű feszültségfüggvények alkalmazásán alapuló hiperszinguláris integrálegyenlet levezetése a forrásponti szingularitás közvetlen kis környezetének  $A_i$  tartományból történő kizárását igényli. Ekképpen az  $y$  forráspontban  $\varepsilon$  sugárral rajzolt kör  $A_i$  síktartományban eső részét távolítjuk el. Az  $\varepsilon$  sugarú kör  $A_i$ -ben fekvő peremívét  $s_\varepsilon$ , az  $L_o$  megmaradó ívét pedig  $L_\varepsilon$  jelöli. Ez azt eredményezi, hogy a formalizmus alapja tartományon kívüli forráspontra érvényes (3) egyenlet lesz, amely végül a vonatkozó integrálok számításakor a forráspontot tartalmazó kis íven zárt alakú analitikus képletekre vezet. A (3) egyenlet  $y_\rho$  szerint vett parciális deriváltja – a  $\partial_\rho$  parciális deriváltat vessző után álló alsó indexpozíciójú  $\rho$  jelöli:

$$0 = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \left\{ \int_{L_\varepsilon} U_{\kappa\lambda,\rho}(x,y) t_\lambda(x) ds_x - \int_{L_\varepsilon} T_{\kappa\lambda,\rho}(x,y) u_\lambda(x) ds_x + \int_{s_\varepsilon} U_{\kappa\lambda,\rho}(x,y) t_\lambda(x) ds_x - \int_{s_\varepsilon} T_{\kappa\lambda,\rho}(x,y) u_\lambda(x) ds_x \right\}. \quad (4)$$

A deriválási művelet után adódó  $D_{\kappa\lambda,\rho} = U_{\kappa\lambda,\rho}$  mátrixelemeinek  $\rho_\alpha^{-1}$  típusú erős szingularitása lesz. Az  $S_{\kappa\lambda,\rho} = T_{\kappa\lambda,\rho}$  mátrix elemeire pedig az  $\rho_\alpha^{-2}$  típusú hiperszingularitás lesz jellemző. A vizsgált síkbéli tartomány határoló peremgörbéjén vett  $y$  forráspont kis környezetében a peremérték

feladat változóit folytonos és deriválható függvényei a helynek, így a forráspont kis környezetben fekvő  $x$  pontban rájuk vonatkozóan az

$$u_\lambda(x) = u_\lambda(y) + u_{\lambda,\delta}(y)(x_\delta - y_\delta) + O(r^2) \quad (5)$$

és

$$t_\lambda(x) = -u_{\lambda,\pi}(y) Q_{3\rho\pi} n_\rho(x) = -u_{\lambda,\pi}(y) \tau_\pi(x) \quad (6)$$

közelítő összefüggések érvényesek –  $\tau_\pi$  a peremgörbe érintő egységvektora. Ez azt jelenti hogy  $y$  pontbeli értékek (függvényérték és deriváltja) határozzák meg a vonatkozó függvények kis környezetbeli viselkedését. A (5) és (6) összefüggések (4) egyenletbe történő behelyettesítése és az identikusan zérust adó tagok törlése után (a részletes igazolást itt most nem részletezve) jutunk el a feszültség számítás képletéhez. A numerikus implementáció során az  $n_{be}$  peremelemre osztott peremgörbén a feszültség számításra szolgáló képletben elkülöníthetők az  $y$  forráspontot tartalmazó elem feletti integrálok, amelyek a szingularitásokat kizárólagosan tartalmazzák. Ezek mélyebb analízise a [2] tanulmány alapján igazolja, hogy numerikus integrálásuk nehézségei ellenére analitikusan jól kezelhetők.

### 4. INTEGRÁLÁS A SZINGULARITÁST TARTALMAZÓ PEREMELEM FELETT

A peremelemek csomópontjaiban a lokális csomóponti sorszámozás sorrendjében vett megoldásokból, a Lagrange polinomok alkalmas elrendezésével nyert  $N_{\lambda_j}$  approximációs mátrix felhasználásával, a  $[-1,1]$  intervallumra vonatkozó lokális koordinátára ( $x \rightarrow \xi$  és  $y \rightarrow \eta$ ) történő áttérés mellett az

$$u_\lambda(\xi) = N_{\lambda_j}(\xi) u_j^e \text{ és } t_\lambda(\xi) = N_{\lambda_j}(\xi) t_j^e \quad (7)$$

formában áll elő a peremelemek felett a feszültségfüggvény és az elmozdulás derivált vektor közelítése ( $j=1, \dots, 6$ ). Ezekkel a (4) egyenlet átírható a

$$t_{\psi\kappa}(y) = 2Q_{3\rho} \left[ \sum_{e=1, e \neq m}^{n_{be}} \int_{\mathbb{R}^2} D_{\kappa\lambda,\rho}(\xi,\eta) N_{\lambda_j}(\xi) J(\xi) d\xi t_j^e + \tilde{I}_{\kappa j \rho}^m u_j^m - \sum_{e=1, e \neq m}^{n_{be}} \int_{\mathbb{R}^2} S_{\kappa\lambda,\rho}(\xi,\eta) N_{\lambda_j}(\xi) J(\xi) d\xi u_j^e - I_{\kappa j \rho}^m u_j^m \right] \quad (8)$$

alakba, ahol  $J(\xi)$  a Jacobi-féle függvénydetermináns. Ha  $e \neq m$ , akkor az integrálás a jól ismert Gauss szabállyal végezhető el. A számpéldában a 14 pontos,  $[-1,1]$  intervallumra vonatkozó változat került alkalmazásra. A szingularitást hordozó  $m$  sorszámú elemhez tartozó  $R^m$  intervallumon és azon belül megjelenő az elemén lévő forrás-

pont kizárását jelentő  $\varepsilon$  sugarú kör által a peremelem görbéjéből kimetszett  $R_\varepsilon^m$  intervallumon a vonatkozó integrálás sorfejtés révén részben analitikusan lesz kezelhető. A továbbiakban a problémát jelentő hiperszinguláris

$$I_{\kappa j \rho}^m = \int_{R_\varepsilon^m} S_{\kappa j \rho}(\xi, \eta) N_{\lambda j}(\xi) J(\xi) d\xi = \int_{R_\varepsilon^m} F_{\kappa j \rho}^m(\xi, \eta) d\xi \quad (9)$$

integrálnak meghatározását taglaljuk. Az enyhébb erős szingularitást hordozó  $\tilde{I}_{\kappa j \rho}^m$  integrálérték ehhez hasonlóképpen, de jóval egyszerűbben állítható elő. A szemi-analitikus képlet származtatásához sorfejtések ismerete szükséges. Ezek az  $y$  forráspontot tartalmazó  $R_m$  peremelemen tekintett  $r_\lambda = x_\lambda - y_\lambda$  különbség sorfejtéséből származó

$$A_\lambda = \frac{\partial x_\lambda}{\partial \xi} \Big|_{\xi=\eta} = (x_\lambda^1 - 2x_\lambda^2 + x_\lambda^3)\eta + \frac{1}{2}(x_\lambda^3 - x_\lambda^1), \quad (10)$$

$$B_\lambda = \frac{1}{2!} \frac{\partial^2 x_\lambda}{\partial \xi^2} \Big|_{\xi=\eta} = \frac{1}{2}(x_\lambda^1 - 2x_\lambda^2 + x_\lambda^3), \quad (11)$$

tagok, valamint ezek felhasználásával az  $S_{\kappa j \rho}$  mátrix minden elemében megjelenő szorzó a

$$\frac{1}{\rho_\alpha^2} = \frac{1}{(A_1 + \beta_\alpha A_2)^2 \delta^2} - 2 \frac{B_1 + \beta_\alpha B_2}{(A_1 + \beta_\alpha A_2)^3 \delta} + O(1) \quad (12)$$

sorfejtése, ahol

$$\delta = \xi - \eta. \quad (13)$$

Az előbbi sorfejtések figyelembe vétele után a (9) integrálban álló

$$F_{\kappa j \rho}^m(\xi, \eta) = \frac{{}^{-2}F_{\kappa j \rho}^m(\eta)}{(\xi - \eta)^2} + \frac{{}^{-1}F_{\kappa j \rho}^m(\eta)}{\xi - \eta} + O(1) \quad (14)$$

Laurent-sorként írható fel a forráspont környezetében, ahol  ${}^{-2}F_{\kappa j \rho}^m(\eta)$  és  ${}^{-1}F_{\kappa j \rho}^m(\eta)$  csak  $\eta$  függvényei, tehát konkrét számértékek rögzített  $\eta$  esetén. A vonatkozó (14) sort a (9) képlet integrandusából levonva, de egyúttal hozzá is adva azt – elkülönítve ezzel a szinguláris és nem szinguláris képletrészeket – adódik, hogy

$$I_{\kappa j \rho}^m = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \int_{R_\varepsilon^m} \int_{R_\varepsilon^m} \left\{ F_{\kappa j \rho}^m(\xi, \eta) - \left[ \frac{{}^{-2}F_{\kappa j \rho}^m(\eta)}{(\xi - \eta)^2} + \frac{{}^{-1}F_{\kappa j \rho}^m(\eta)}{\xi - \eta} \right] \right\} d\xi + \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \int_{R_\varepsilon^m} \frac{{}^{-2}F_{\kappa j \rho}^m(\eta)}{(\xi - \eta)^2} d\xi + \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \int_{R_\varepsilon^m} \frac{{}^{-1}F_{\kappa j \rho}^m(\eta)}{\xi - \eta} d\xi. \quad (15)$$

A (15) képlet első integrálja reguláris, mivel a vonatkozó  $\varepsilon \rightarrow 0$  határátmenet elvégzése után egy a  $(\xi - \eta)^n$  hatványaiból álló ( $n \geq 0$ ) hatványsort kapunk. A második és harmadik tagra a határátmenetek elvégzése után már zárt alakú képletek

adódnak [4]. Így a hiperszingularitást tartalmazó integrál értékének számszerű meghatározására az

$$I_{\kappa j \rho}^m = \int_{-1}^1 \left\{ F_{\kappa j \rho}^m(\xi, \eta) - \left[ \frac{{}^{-2}F_{\kappa j \rho}^m(\eta)}{(\xi - \eta)^2} + \frac{{}^{-1}F_{\kappa j \rho}^m(\eta)}{\xi - \eta} \right] \right\} d\xi - {}^{-2}F_{\kappa j \rho}^m(\eta) \left( \frac{1}{1+\eta} + \frac{1}{1-\eta} \right) + {}^{-1}F_{\kappa j \rho}^m(\eta) \ln \left| \frac{\eta-1}{1+\eta} \right|, \quad (16)$$

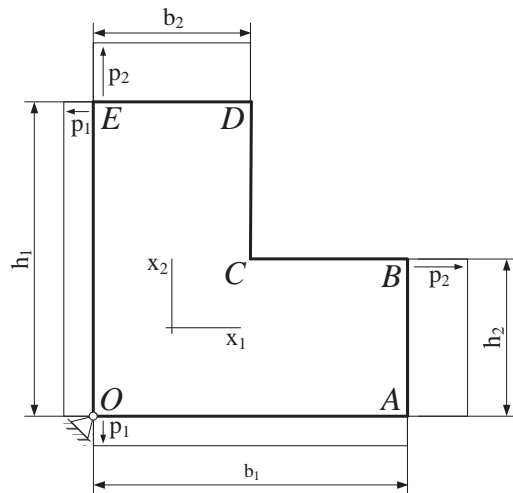
az erős szingularitást hordozó részre pedig az

$$\tilde{I}_{\kappa j \rho}^m = \int_{-1}^1 \left\{ G_{\kappa j \rho}^m(\xi, \eta) - \frac{{}^{-1}G_{\kappa j \rho}^m(\eta)}{\xi - \eta} \right\} d\xi + \ln \left| \frac{\eta-1}{1+\eta} \right| {}^{-1}G_{\kappa j \rho}^m(\eta) \quad (17)$$

formula szolgál. A szingularitást tartalmazó peremelem feletti integrálok számításakor tehát a regulárisra tett integrálok numerikusan meghatározható értékeihez a leválasztott szingularitást hordozó részekből analitikusan előállított függvények forráspont elemen belüli helyzetétől függő,  $\eta$  helykoordináta helyettesítése utáni, számértékei adódnak hozzá.

## 5. L ALAKÚ TARTOMÁNY VIZSGÁLATA

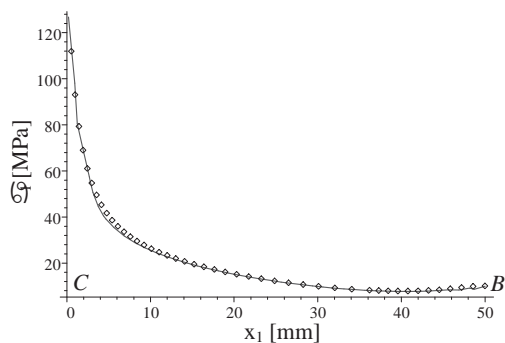
A vizsgált L alakú test síkalakváltozást szenvedő tartománya  $h_1 = b_1 = 100 \text{ mm}$  és  $h_2 = b_2 = 50 \text{ mm}$  méretekkel, valamint  $E_1 = 11769 \text{ MPa}$ ,  $\mu_{12} = 687$ ,  $E_2 = 5886 \text{ MPa}$  és  $\nu_{12} = 0,072$  anyagjellemzőkkel bír. Az ábrán látható terhelést biztosító konstans nagyságú  $p_1 = 5 \text{ MPa}$  és  $p_2 = 10 \text{ MPa}$  feszültségek pedig az adott geometriai viszonyok mellett önegyensúlyi terhelést jelentenek. A tartomány ábrán látható szimmetriáját viszont az anyagjellemzők irányfüggése miatt nem lehet a feladat numerikus implementációja során kihasználni.



1. ábra. Az L alakú ortotrop tartomány önegyensúlyi terheléssel

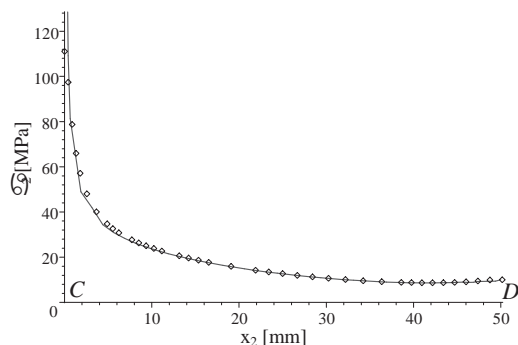
A tartomány 160 db azonos méretű peremelemre bontott peremgörbéje mentén az elemcsomó-

pontokra felírt (2) integrálegyenletekből alkotott egyenletrendszer numerikus megoldását alapul véve feszültség számítás végezhető a (16), (17) képleteken alapuló Fortran nyelven fejlesztett számító program segítségével. A feszültségeloszlást a peremen, az ábrán jelölt C sarokpontban, azaz a feszültség gyűjtőhely környezetében hasonlítjuk össze az Abaqus végelem program segítségével végzett számítással. A végeleemes számításban használt háló (16232 darab, CPE8R típusú elem) az irodalmi előzmények által javasolt módon C körül jól besűrített, így a peremelemes számítás ellenőrzésére alkalmas. A 2. ábrán a CB oldal mentén folytonos vonallal ábrázolt,  $x_1$  irányú normál feszültségre vonatkozó peremelemes megoldás látható, mint jól illeszkedik a kis rombuszokkal jelölt Abaqus számítási eredményekre.



2. ábra. Hiperszinguláris egyenletekből számított  $\sigma_1$  feszültség (—) összehasonlítása CB oldal mentén a VEM ( $\diamond$ ) eredményekkel

A CD határoló egyenes mentén is jó illeszkedés tapasztalható a 3. ábrán látható módon az ott fellépő  $x_2$  irányú normál feszültség esetén. A kiválasztott oldalak mentén külön nem megjelenített feszültségkoordináták zérus értékűek.



3. ábra. Hiperszinguláris egyenletekből számított  $\sigma_2$  feszültség (—) összehasonlítása CD oldal mentén a VEM ( $\diamond$ ) eredményekkel

Kisebbsé eltéréseket a jó minőségű végeleemes felbontás okoz. Azonban kitűnik, hogy a C pontnál jelentkező feszültségcsúcs közelében a hagyományos peremelemes eljárással szemben a hiperszingulárisra tett integrálegyenletek elég pontos feszültségértékeket szolgáltatnak.

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

A bemutatott munka a síkrugalmasságtan duál rendszerében a peremelem módszer hiperszinguláris integrálegyenletein alapuló eljárást dolgozott ki a perem menti feszültségek pontosabb számítására ortotrop anyagmodell mellett. Alapgondolat, hogy a peremen ébredő feszültségeket elvben pontosan megadó, de szinguláris integrálok is tartalmazó képletekben a szinguláris részeket elkülönítve, analitikusan, nagyon kis hibával terheltlen kezelhetjük.

## 7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikkben ismertetett kutató munka az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatallódó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

## 7. IRODALOM.

- [1] Hildenbrand J., Kuhn G.: *Numerical computation of hypersingular integrals and application to the boundary integral equation for the stress tensor*, Engineering Analysis with Boundary Elements, Vol. 10, 1992. pp. 209-217.
- [2] Guiggiani M.: *Hypersingular formulation for boundary stress evaluation*, Engineering Analysis with Boundary Elements, Special Issue on Integration Techniques, 13(2), 1994. pp. 169-179.
- [3] Szeidl G., Dudra J.: *On the direct BEM formulation in the dual system of plane elasticity for orthotropic bodies*, Journal of Computational and Applied Mechanics 10 (2) (2015) 147-168.
- [4] Szirbik S.: *Hypersingular boundary integral formulations for plane elasticity in terms of first-order stress functions*, Journal of Computational and Applied Mechanics 11 (1) (2016) 49-66.

# A JENDRASSIK-FÉLE DIESEL-MOTOROK KÜLÖNLEGES MŰSZAKI MEGOLDÁSAI (120 éve született Jendrassik György)

## SPECIAL TECHNICAL SOLUTIONS OF JENDRASSIK DIESEL ENGINES (György Jendrassik was born 120 years ago)

*Dr. habil. Szunyogh Gábor ny. főiskolai tanár, szunyogh.gabor@bgk.uni-obuda.hu*

*Dr. Gáti József c. egyetemi docens, gati@uni-obuda.hu*

*Dr. habil. Horváth Sándor c. egyetemi tanár, horvath.sandor@bgk.uni-obuda.hu*

**SUMMARY** This article describes in detail the two famous inventions of György Jendrassik, who was born 120 years ago. The operation of cold start Diesel engines and the Jendrassik dosing pump are described.

### 1. BEVEZETÉS

120 éve, 1898. május 13-án született Jendrassik György a magyar gépészet egyik kiemelkedő személye. Életpályájáról, munkásságáról az Óbudai Egyetem technikatörténeti kollektívája már részletesen beszámolt [1]. Jelen cikkben úgy kívánunk megemlékezni Jendrassik Györgyről, hogy részletesen bemutatjuk azokat a maguk idejében teljesen újszerű gépészeti megoldásokat, amelyek világhírűvé tették a Ganz—Jendrassik Diesel-motorokat.

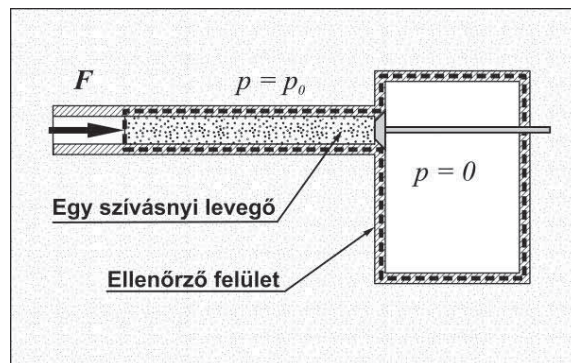
### 2. JENDRASSIK-FÉLE HIDEGINDÍTÁS

A XX. század első évtizedeiben nagy népszerűsége miatt a Diesel-motorok, de ezek rendszerint nagy teljesítményű (és értelemszerűen nagy méretű) stabilgépek voltak. A '20-as években viszont igény mutatkozott kisméretű változataik gyártására is, melyeket kisebb üzemekben, műhelyekben, esetleg járművekben alkalmazhattak volna. Megalkotásukat azonban számos probléma késleltette, egyebek mellett az, hogy kézi indításuk lehetetlennek látszott: indítókarral (különösen hideg motorok esetében) nem lehetett oly mértékben komprimálni a beszívott levegőt, hogy hőmérséklete elég legyen a befecskendezett üzemanyag begyújtásához.

A probléma abból adódik, hogy a kompresszió során befektetett munka nem fordítódik teljes egészében a beszívott levegő belső energiájának (és ezzel arányosan hőmérsékletének) növelésére, mert a hideg hengerfal elvonja a hő bizonyos részét. Ennek következtében a kom-

rimált levegő véghőmérséklete kevés ahhoz, hogy a befecskendezett üzemanyag meggyulladjon.

Jendrassik azonban egy igen szellemes megoldást adott a levegő felmelegítésére [2]. Termodinamikai számításokkal kimutatta, hogy ha megnyitjuk egy evakuált tartály zárószelvépét, akkor a tartály környezetéből beáramló levegő felmelegszik. Ez látszólag ellentmond annak a „közismert” tapasztalatnak, hogy a gázok (adiabatikus) expanziója lehűléssel jár. Azonban az alábbi gondolatmenettel mégis belátható Jendras-

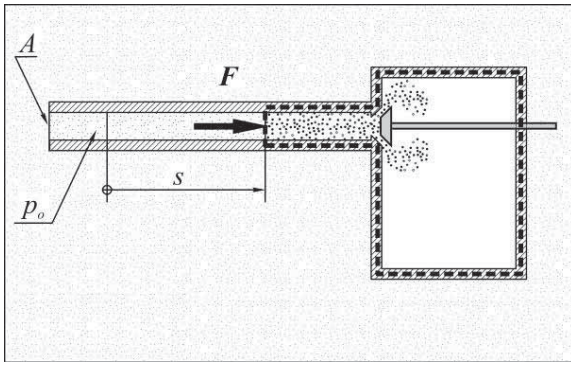


1. ábra. A Jendrassik-féle Diesel-motor feltöltésének termodinamikai modellje

sik felismerése.

Mutassa az 1. ábra a Diesel-motor szívócsonkjának és munkahengerének sematikus képét. Jelöljük be rajta azt a levegőrészt, amely a szívás során bekerül a munkahengerbe, és vegyük körbe a munkahengert (a szóban forgó levegőrésszel együtt) egy ellenőrző felülettel.

Jelölje  $F$  azt a (nyomó-) erőt, amit az ellenőrző felületen kívül található légrézecskek az ellenőrző felületen belül található légtömegre kifejtenek. A munkahengeren kívül a nyomás megegyezik a normál ( $p_0$ ) légköri nyomással, a munkahengeren belül viszont vákuum van ( $p=0$ ).



2. ábra. A feltöltés folyamatának közbülső állapota

Amint a szívószelep kinyílik, az ellenőrző felületen kívüli légrézcskék (akár egy dugattyú), elkezdik betolni a kijelölt légtömeget a munkahengerbe (2. ábra). Jelölje  $A$  a szívócsonk keresztmetszetének területét,  $s$  pedig a munkahengerbe jutó légtömeg szélső részecskéinek (azaz az  $F$  erő támadáspontjának) elmozdulását. Amikor a henger feltöltése befejeződik, akkor a szívócsonkban lévő teljes levegőmennyiség bejut a munkahengerbe (3. ábra). Eddig a pillanatig az  $F$  erő támadáspontjának elmozdulása  $s=s_{max}$ .

Az ellenőrző felületre a szomszédos légrézcskék által kifejtett nyomóerő  $s=s_{max}$  elmozdulás során

$$W_k = F \cdot s_{max} \quad (1)$$

külső munkát végzett, ami, figyelembe véve, hogy

$$F = p_0 \cdot A, \quad (2)$$

$$W_k = p_0 \cdot A \cdot s_{max}. \quad (3)$$

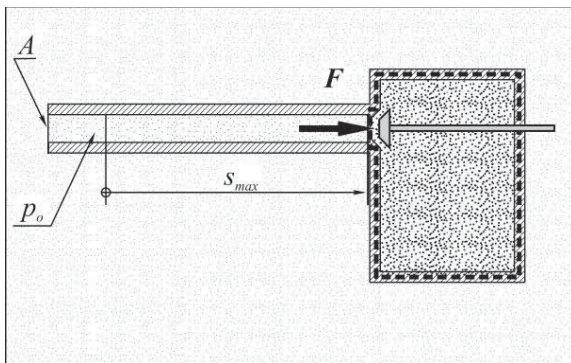
Mint ahogy a munkahengerbe jutó levegő kezdeti térfogata

$$V_0 = A \cdot s_{max}, \quad (4)$$

ezért írható, hogy a feltöltés során a bejutó levegőn végzett külső munka

$$W_k = p_0 \cdot V_0. \quad (5)$$

Jelölje a levegő hőmérsékletét a feltöltés előtt  $T_0$ , a feltöltés utáni állapotban pedig  $T_1$ . A levegő belső energiájának megváltozása



3. ábra. A feltöltés végállapota

$$\Delta U = c_v \cdot m \cdot (T_1 - T_0), \quad (6)$$

ahol  $c_v$  a levegő állandó nyomáson vett fajhője,  $m$  pedig a levegő tömege (feltöltésenként).

Tekintettel arra, hogy az evakuált munkahengerbe igen rövid idő alatt áramlik be a levegő, nem jut idő arra, hogy hőcsere történjen az ellenőrző felületen keresztül, ezért a folyamat adiabatikus:

$$Q = 0. \quad (7)$$

Mármint a hőtan I. főtétele szerint a belső energia megváltozása megegyezik a rendszerrel közölt hőnek és a rendszeren végzett külső munkának az összegével, azaz

$$\Delta U = Q + W_k, \quad (8)$$

ami Az (5), (6) és (7) egyenletek figyelembe vételével

$$c_v \cdot m \cdot (T_1 - T_0) = p_0 \cdot V_0. \quad (9)$$

A jobb oldalon álló szorzat az általános gáztörvény szerint kifejezhető a levegő kezdeti nyomásával és tömegével:

$$p_0 \cdot V_0 = \frac{m}{M} R \cdot T_0, \quad (10)$$

ahol  $M$  a levegő móltömege,  $R$  az univerzális gázállandó, így a (9) átírható

$$c_v \cdot m \cdot (T_1 - T_0) = \frac{m}{M} R \cdot T_0 \quad (11)$$

alakba. Fejezzük ki ebből  $T_1$ -et!

$$T_1 = \left( \frac{R}{M \cdot c_v} + 1 \right) \cdot T_0. \quad (12)$$

Mint ahogy a zárójelben álló kifejezés nagyobb, mint egy, így nyilvánvaló, hogy a feltöltés során a levegő felmelegedik.

A (12) még tömörebb formára hozható, ha figyelembe vesszük a Robert-Mayer egyenletet, mely szerint

$$c_p - c_v = \frac{R}{M}. \quad (13)$$

ahol  $c_p$  a levegő állandó nyomáson vett fajhője. Így a (12) új alakja:

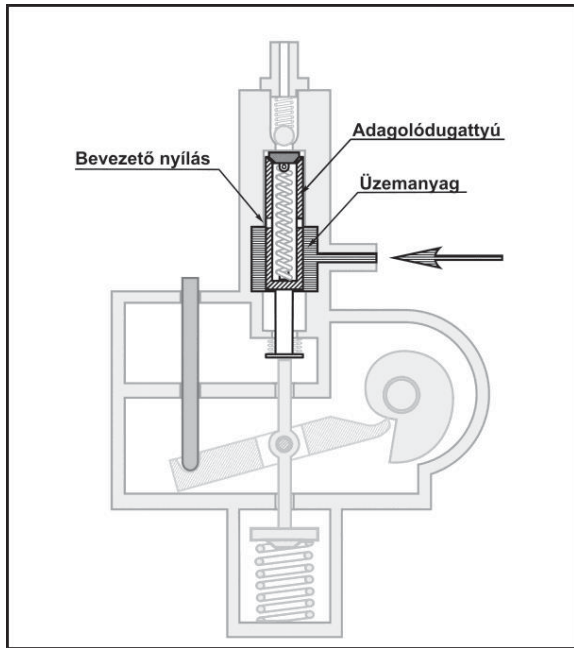
$$T_1 = \frac{c_p}{c_v} \cdot T_0. \quad (14)$$

Mivel a  $c_p/c_v$  hányados a levegő  $\kappa$  adiabatikus kitevője, ezért a hőmérsékletnövekmény

$$T_1 = \kappa \cdot T_0. \quad (15)$$

Ezt az elvet Jendrassik oly módon ültette át a gyakorlatba, hogy a szelepek vezértengelyén két bütököst helyezett el. Az egyik csak indításkor volt használatban, melyek bütökei késleltetett nyitását eredményeztek: a szívószelepek csak akkor nyíltak ki, amikor a dugattyú már az alsó holtpont közelében volt, azaz a munkahengerben gyakorlatilag vákuum uralkodott. Követ-





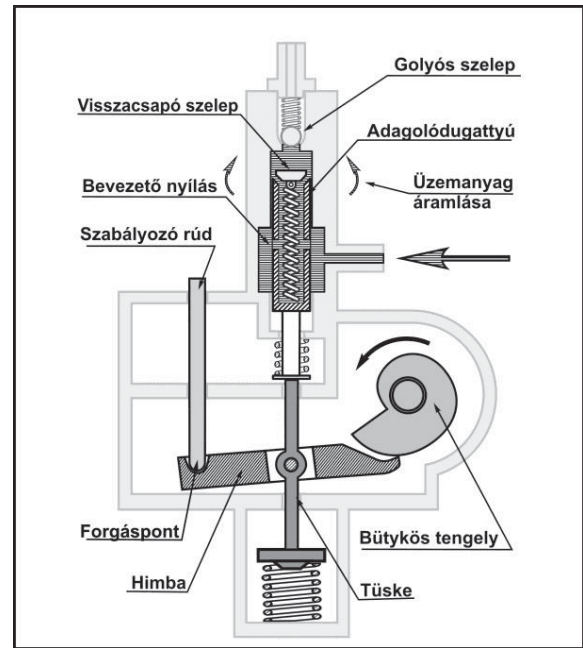
5. ábra. A Jendrassik-féle adagolószivattyú alaphelyzetben

kezésképpen a beáramló levegő hőmérséklete már a kompresszió kezdeti pillanatáig (!) több, mint 100 fokkal megemelkedett, biztosítva, hogy motorház alacsony hőmérséklete ellenére is a kompresszió elegendően magas hőmérsékletet eredményezzen. Miután azonban a motor beindult, egy kar elfordításával a vezértengelyt hosszirányba eltolták, lehetővé téve, hogy a továbbiakban a szívószelepek már a „szokásos” pillanatban nyissanak.

**3. A JENDRASSIK-FÉLE DIESEL-ADAGOLÓ**  
Jendrassik a kisteljesítményű Diesel-motorokhoz kifejlesztett egy rugós adagolószivattyút, melynek nagy előnye (az egy évvel később feltalált Bosch-féle adagolóval szemben), hogy az adagolás fizikai körülményei függetlenek a gép üzemi állapotától, mindenek előtt a motor fordulatszámától. A szerkezet eredeti összeállítási rajza meglehetősen bonyolult, ezért működésének megértéséhez célszerű az alábbi egyszerűsített sémát követni.

Maga az adagolás egy csőszerű *adagoló dugattyúval* történik (4. ábra). A dugattyú belemerül az üzemanyaggal teli térségbe, de belsejébe alaphelyzetben (amint a 4. ábra mutatja) nem juthat gázolaj, mert a *bevezető nyílások* az üzemanyag szintje felett, lezárva találhatók.

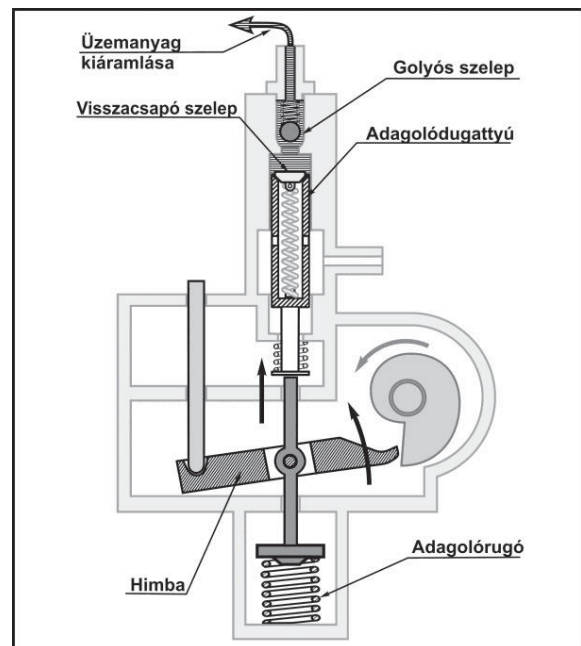
Ha azonban a *vezértengely* a bejelölt irányba elfordul (5. ábra), akkor a rajta lévő *spiráltárcsa* a *himba* jobb oldali végét lenyomja, és a hozzá csuklósan kapcsolt *tüske* (a rugótányér segítségével) összenyomja (megfeszíti) az *adagolórugót*. A *himba* forgáspontját a *szabályozó rúd* vége képezi. Miközben a *tüske* lesüllyed,



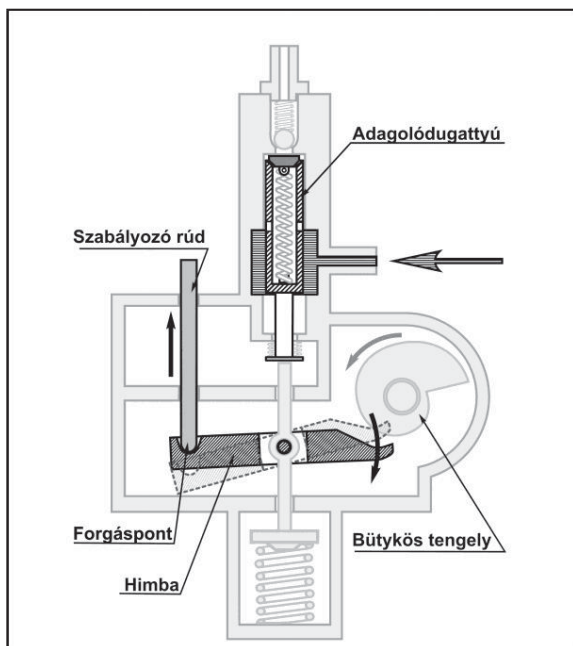
5. ábra. A Jendrassik-féle adagolószivattyú állapota az üzemanyag beszívása során

vele együtt lesüllyed az adagoló dugattyú is, és ezáltal megnyílnak az üzemanyag-bevezető nyílások. A gázolaj így feltölti az adagoló dugattyút, sőt megnyitja az adagoló dugattyú tetején lévő *visszacsapó szelepet*, lehetővé téve, hogy az üzemanyag kitöltse a dugattyú feletti teret is (egészen a golyós szelepig).

Amint a vezértengely tovább fordul, eljön az a pillanat, amikor a *himba* jobb oldali vége lepattan a *spiráltárcsáról*, lehetővé téve, hogy az adagoló rugó megemelje a *tüskét*, ami pedig felemeli az adagoló dugattyút (6. ábra). Az emelkedés során az adagoló dugattyú tetején lévő visz-



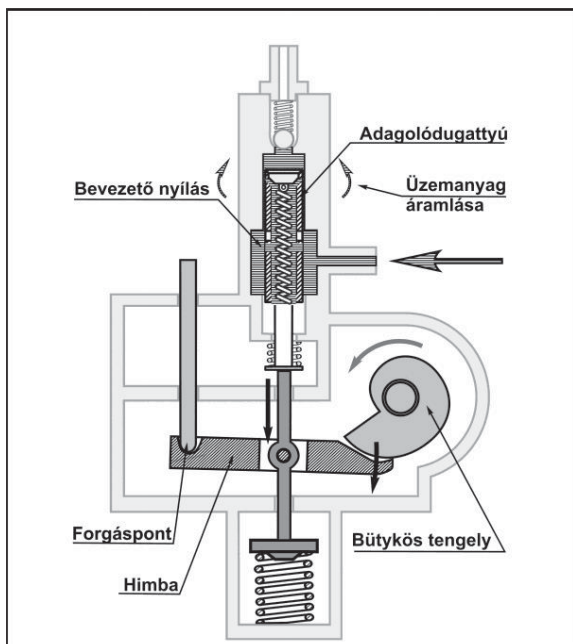
4. ábra. A Jendrassik-féle adagolószivattyú állapota az üzemanyag befecskendezése során



7. ábra. Az adagolószivattyú átállítása kisebb töltésre

szacsapó szelep lezár, megakadályozva a gázolaj visszaáramlását. Az adagoló dugattyú további emelkedésével az üzemanyag (megnyitva a *golyósszelepet*) eltávozik a szerkezetből és befecskendeződik a motor munkahengerébe.

Előnye ennek az adagolási módszernek abban rejlik, hogy a gép fordulatszámától függetlenül a gázolaj befecskendezése mindig ugyanakkora, azaz az adagoló rugó által kifejtett erővel történik.



8. ábra. Az adagolószivattyú állapota csökkentett mennyiségű üzemanyag beszívása esetén

Amennyiben csökkenteni kívánják a motor teljesítményét, azaz kevesebb üzemanyaggal akarják feltölteni a munkahengert, akkor elegendő kissé felhúzni a *szabályozó rudat* (7. ábra). Emiatt a *himba* forgáspontja feljebb kerül, illetve ezzel egyidejűleg a himba jobboldali vége lecsúszol, azaz eltávolodik a bütykös tengelytől. Következésképpen a spiráltárcsa nem tudja lenyomni a himba jobboldali végét, így az adagoló dugattyú sem mozdul el alaphelyzetéből. Bevezető nyílásai csak akkor nyílnak meg, amikor a bütykös tengely olyan mértékben elfordult, hogy már eléri a himba jobboldali végét, és azt le tudja nyomni (8. ábra). Természetesen ez a „késleltetett megnyitás” azzal jár, hogy kisebb mértékben süllyed le az adagoló dugattyú, azaz kisebb lesz a dugattyú feletti tér, tehát kevesebb üzemanyagot fog a szerkezet a motorba befecskendezni.

#### 4. JENDRASSIK MUNKÁSSÁGA

Jendrassik György a két világháború közötti időszak egyik legsikeresebb magyar gépészmérnöke. Nevéhez fűződik a Jendrassik-féle Diesel-adagoló feltalálása, a Jendrassik-effektus elvével megvalósuló Diesel-motor indítás, a világ első kisteljesítményű gázturbináinak megalkotása és az első légsaváros repülőgép-gázturbina kísérleti példányának létrehozása [3]. Személye ötvözte az igen alapos felkészültségű elméleti szakembert, a produktív konstruktort és a kiváló vezetőt [4]. Fejlesztő mérnökként kezdte pályáját a Ganz és Társa – Danubius Gép-, Vaggon és Hajógyár Rt.-nél, majd fokozatosan előrehaladva a ranglétrán a gyár vezérigazgatója lett [5]. A Ganz-Jendrassik Diesel-motorok világhírűek voltak, még napjainkban is sokfelé előfordulnak működő példányaik. Jendrassik a II. világháború után külföldre távozott. Viszonylag fiatalon halt meg, Londonban van eltemetve.

#### IRODALOM

- [1] SZUNYOGH, G., HORVÁTH, S., GÁTI, J.: A magyar gépészet kiemelkedő alkotói — Jendrassik György — *OGÉT 21<sup>th</sup> International Conference on Mechanical Engineering*. Kolozsvár, 2013. április 25-28. p. 399-402
- [2] NAGY Ferenc (szerk.): *Magyarok a természetudomány és a technika történetében OMIKK*, Budapest, 1992. p. 244-246
- [3] KORÉNYI Zoltán, TOLNAI Béla: *Az áramlás- és hőtechnika nagyjai. Műegyetemi kiadó*, Budapest, 2007. p. 266-469
- [4] TERPLÁN, Zénó: *Az én gépészeim*. Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc, 1998. p. 115-121
- [5] GOMBÁS, Tibor: *Belsőégésű motorok gyártása a Ganz gyárban 1945-ig. Technikatörténeti szemle*. Budapest, 1964. p. 145-167

# KOMPOZITOK ALAKVÁLTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

## FEASIBILITY OF SHAPE CHANGING COMPOSITES

Vermes Brúnó<sup>1,2</sup>, PhD hallgató, vermesb@pt.bme.hu

Czigány Tibor<sup>1,2</sup>, az MTA levelező tagja, czigany@eik.bme.hu

<sup>1</sup>Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék

<sup>2</sup>MTA-BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport

### ABSTRACT

This paper aims to introduce the feasibility and challenges of using composite materials as non-conventionally shape changing structures. It is shown that by carefully designing the stacking sequence of the differently oriented layers of a composite, it can twist due to bending loads. Amongst others, aerodynamical structural parts like turbine blades or aeroplane wings could greatly benefit from such a mechanical response. To exploit the full potential of this behaviour we need to overcome some challenges identified in the paper. Layup optimization and manufacturing are the main processes that require more focus in the future to get the most out of mechanically coupled (e.g. bend-twist) composites.

### 1. BEVEZETÉS

A szálerősítésű kompozitok olyan többkomponensű, többfázisú szerkezetek, ahol a merevség és szilárdság túlnyomó részét az erősítő szálak biztosítják. Az erősítő anyag és a befoglaló, általában szívós mátrixanyag között követelmény a kiváló adhézió akár tartós idejű behatás esetén is, ami lehetővé teszi az alkotók feszültségátadáson alapuló együttműködését [1]. A kompozitok legnagyobb előnye a hagyományos szerkezeti anyagokkal (pl. fémekkel) szemben az irányfüggő mechanikai viselkedésük. Az izotrop anyagokkal szemben kompozitok esetében az egyes rétegek erősítőszálainak megfelelő orientációjával kitüntetett irányokban nagyobb merevséget, illetve szilárdságot érhetünk el, mint a többi irányban. Ez jelentős tömeg-megtakarítással járhat, különösen kis sűrűségű polimer mátrixok és nagy fajlagos merevségű és szilárdságú erősítőszálak (pl. szénszál) használata esetében. Ennek következtében kompozitokat az ipar széleskörűen alkalmaz, főleg tömegkritikus alkatrészek anyagaként (pl. repülőgépipari alkatrészek).

Lehetőség van azonban az irányfüggő viselkedésnek egy másik, hasonlóan jelentős

célra való kihasználására. A kompozitot felépítő rétegek orientációjának és sorrendjének gondos megtervezésével el lehet érni, hogy a szerkezet mechanikai terhelés hatására a konvencionálístól eltérő módon váltson alakot. York [2] megmutatta, hogy megfelelően megtervezett kompozit rétegrendek esetében lehetséges többek között húzó terhelésre lehajló, vagy hajlító terhelésre csavarodó deformációs választ kapni.

Ilyen, és ezekhez hasonló módon alakváltó szerkezetek rendkívüli előnnyel járhatnak többek között a repülőgép-, az energetika, vagy a járműiparban. Egy szárnyprofil a rá ható (hajlító) felhajtóerő hatására tervezett mértékben megcsavarodva például a megváltozott aerodinamikai jellegének köszönhetően csökkentheti a repülőgép üzemanyag és károsanyag kibocsátását, vagy ehhez hasonlóan egy szélkerék növelheti a működési energiahatékonyságát.

### 2. ALAKVÁLTÓ SZERKEZETEK

A szerkezeti anyagok alakváltásának fontosságát már régen felismerték. Számos kutatócsoport dolgozott különböző megközelítéseken, hogy olyan szerkezeteket hozzanak létre, amelyek valamilyen külső behatásra akár működés közben tudják változtatni az alakjukat.

Az egyik legkézenfekvőbb, és leggyakrabban alkalmazott megközelítés a motoros aktuáció. Elég megnézni az utasszállító repülőgépek szárnyait, ahol a kilépő éleknél motorral vezérelt fékszárnyak találhatók. Bár ez a megközelítés némiképp távol áll az anyagában alakváltó kompozitoktól, a cél mégis hasonló: működés közben módosítani az alakot, jelen esetben az aerodinamikai viszonyok és így a repülési karakterisztika megváltoztatása érdekében. Boria és társai [3] már egy egyetlen darabból álló lemez görbületét változtatták, elektromotor segítségével. Egyszerű szerkezetük lényege, hogy a servo-motorral működtetett aktuátorukat két alátámasztási pont között helyezték el. A héjlemezt ebben az egy pontban fel-le mozgatva már kis aktuációs energiával is

nagy mértékben tudták változtatni a görbületet, ezzel állítva a szárnyprofil aerodinamikai karakterisztikáját. Bár az elektromotoros aktuáció viszonylag egyszerű, ráadásul kiválóan vezérelhető megoldás, az aktuátor (motor) miatti tömegnövekedés nem kívánatos, sőt, gyakran megengedhetetlen.

Egyik megoldási lehetőség lehet az, ha kihagyjuk a motort, mint aktuátort, és közvetlenül az anyag elektromos áramra vagy mágneses mezőre adott válaszát használjuk ki. Tabata és társai [4] olyan elektroszenzitív rendszert fejlesztettek, ami a rákapcsolt feszültség függvényében változtatta az egyes rétegek közötti adhéziós erőt. A poliimid-Ni tartalmú kompozit hajlító merevsége így reverzibilisen volt állítható, ezzel pedig a hagyományos anyagokétól eltérő, szabályozható deformációs viselkedést mutatott. Egy másik intenzíven kutatott megközelítés szerint lehetséges a piezoelektromos jelenséget kihasználva elérni az anyagok (leggyakrabban kompozitok) alakváltását. Webber és társai [5] elemezték egy olyan szerkezet deformációját, ahol elektromos áram hatására deformálódó piezo-aktuátort építettek egy kompozit lemez rétegei közé. Megállapították, hogy a modelljeik által kapott deformációs értékek jól közelítették a méréssel kapott eredményeket.

Az elektromos áram mellett külső behatásként a hőmérséklet megváltozását is ki lehet használni alakváltás elérésére. Meng és társa [6] áttekintő cikkükben különböző alakemlékező polimer kompozit koncepciókat tárgyalnak. Az irodalmi eredmények alapján leírták, hogy hőhatás és elektromos áram mellett fényhatás, illetve nedvességfelvétel is kiválthatja az alakemlékező viselkedést.

Az eddigiekben bemutatott koncepciókban közös, hogy valamilyen külső, általában ember vezérelte aktuáció szükséges az alakváltás eléréséhez. Számos esetben azonban előnyös lehet, hogyha az alakváltás a működés közben „magától” megy végbe. Amennyiben ismert a szerkezeti elem várható, működés közbeni mechanikai terhelése, érdemes lehet azt úgy megtervezni, hogy olyan módon váltson alakot, amivel a feladatát még jobb teljesítménnyel tudja ellátni. Erre jelenthetnek megoldást a speciális rétegrendű kompozitok. York [7] egy cikkében például kitért arra, hogy húzás hatására csavarodó kompozitokat kiválóan lehet hasznosítani helikopter szárnyakként. A rotor sebességének növekedésével a centrifugális erő húzó terhelést ad a szárnyakra, amelyek ennek függvényében a tervezett mértékben megcsavarodnak. Ezzel az adaptív alakváltó

rendszerrel mindenféle külső behatás nélkül növelni lehet a jármű hatékonyságát.

A kompozitok mechanikai kapcsoltságát (pl. nyújtásra lehajlás vagy hajlításra csavarodás) a gyakorlatban számos területen ki lehetne használni, azonban először meg kell érteni, hogy milyen összefüggés van a szerkezeti felépítés és a mechanikai viselkedés, illetve a gyárthatóság között.

### 3. ALAKVÁLTÓ KOMPOZIT FEJLESZTÉSE

A gyakorlatban bevett szokás, hogy a gyártás közbeni hővetemedések elkerülése érdekében a középsíkra szimmetrikus rétegrendű kompozitokat tervezünk. Így ugyanis az egyes rétegek különböző irányú hőtágulásai úgy egyenlítik ki egymást, hogy síkból kilépő deformáció nem jön létre. Amikor cél az alakváltó viselkedés elérése, akkor a kompozit tervezés általános ökölszabályai nem feltétlenül érvényesek, mégis, ebben a cikkben egy olyan alakváltó kompozitot mutatunk be, ahol törekedtünk rá, hogy ne lépjen fel gyártási vetemedés, ezért szimmetrikus rétegrendet alkalmaztunk. A tervezés és a kísérlet célja az volt, hogy bemutassuk és vizsgáljuk az ipari szempontból egyik legjelentősebb kapcsolási alakváltást, a hajlításra csavarodás jelenségét egy egyszerű kompozit lapon.

#### 3.1. Tervezés

A tervezés során a legelterjedtebb analitikus kompozitmechanikai modellt, a klasszikus lemezelméletet használtuk a mechanikai viselkedés becslésére. A klasszikus lemezelmélet számos egyszerűsítő feltételezéssel él (pl. síkbeli feszültségállapot feltételezése), azonban igen vékony kompozitok esetében az egyes rétegrendeknek megfelelő mechanikai viselkedések kvalitatív összehasonlításához jól használható a módszer. Az elmélet bemeneti paramétereként néhány anyagi tulajdonságot ( $E_1$ ,  $E_2$ ,  $G_{12}$ ,  $\nu_{12}$ ), illetve a kompozit felépítését (rétegrend orientációkkal és rétegvastagságok) igényli. Eredményként egy olyan 6x6-os mátrixhoz jutunk, melynek az egyes elemei megadják a különböző terhelések és deformációk közötti kapcsolatokat [8]. A cél jelen esetben az volt, hogy a hajlító terhelést a csavarodó deformációval összekapcsoló tényező értékét növeljük, miközben a szimmetrikus rétegrendet megtartjuk. A számolási kapacitásigény csökkentése érdekében négy rétegű kompozit esetében számoltuk ki többféle rétegrend esetében a vizsgált kapcsolási tényező ( $D_{12}^*$ ) értékét, majd a legmagasabb értéket kiválasztottuk, bízva abban, hogy egységnyi

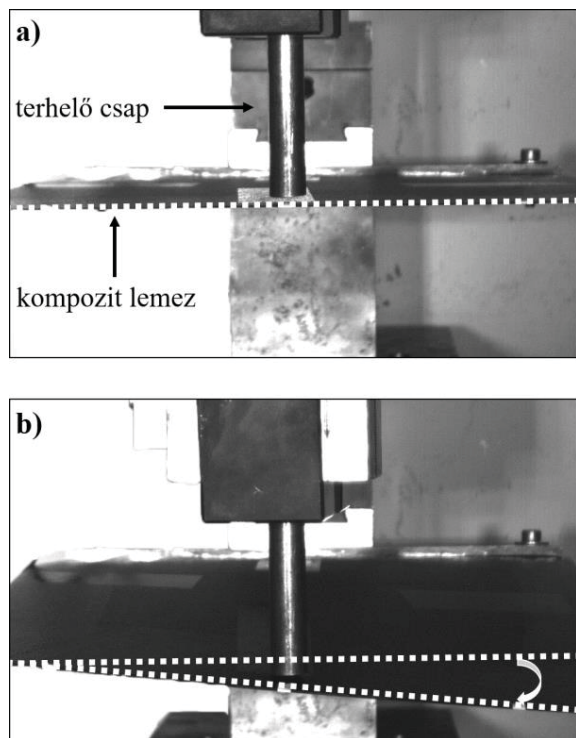
hajlításra ez fog a legnagyobb mértékben csavarodni.

### 3.2. Gyártás

A kompozit gyártását a lehető legmagasabb, repülőgépipari minőséget garantáló prepreg-autoklávos technológiával végeztük. A prepreg egy mátrixanyaggal előre átítatott szálerősítést tartalmazó lap, ami garantálja a pontosan beállított szál-mátrix arányt, míg az autokláv egy túlnyomásos kemence, ami a mátrix kémiai térhálósodása során csökkenti az anyag hibahelyeinek méretét, illetve számát. A gyártáshoz használt anyag unidirekcionális Hexcel IM7 szénszálal és HexPly 913 epoxi gyantát tartalmazó prepreg, míg a rétegrend  $[142.5/97.5]_s$  volt.

### 3.3. Mechanikai vizsgálat és értékelés

Az elkészült, 180 mm x 180 mm-es síklap geometriájú kompozitot az egyik élénél befogtuk, a szemközti éle közepén pedig egy pontban hajlító terhelésnek vetettük alá. A mechanikai vizsgálat során a terhelt él két szélső pontjának elmozdulását és így a lemez csavarodásának mértékét video-nyúlásmérő segítségével rögzítettük (1. ábra).



1. ábra: Hajlításra csavarodó kompozit lap  
a) terhelés előtt b) terhelés után

A kapott eredmények azt mutatták, hogy 30 mm középlehajlásra majdnem  $5^\circ$ -ot csavarodott a kompozit lemez. Ez olyan jelentős

mértékű csavarodás, aminek hatása jelentős például egy aerodinamikai szerkezeti elem esetében.

A kompozit geometriája és terhelési módja miatt a mért erőértékek rendkívül alacsonyok voltak (csupán 1-2 N). Ez azt jelenti, hogy tervezhető olyan kompozit, ami már kis mechanikai terhelések esetében is képes nagy mértékű nem konvencionális alakváltásra, ami pedig jelentősen befolyásolhatja a teljes szerkezet viselkedését.

### 3.4. Felmerülő problémák és fejlesztési irányok

A munka során több megoldandó problémát azonosítottunk és ezek alapján fejlesztési irányokat jelöltünk ki. A nem konvencionálisan alakváltó kompozitok nagy része nem szimmetrikus rétegrenddel rendelkezik. Ezek a kompozitok gyártás során a hőkezelés hatására vetemedhetnek, ami a tervezett geometriától való eltérés miatt problémát okozhat. Az egyik megoldási lehetőség, hogy csak szimmetrikus rétegrendű kompozitokkal foglalkozunk, és ezekben az esetekben igyekszünk optimalizálni az alakváltásokat. Ez azonban jelentősen korlátozhatja az elérhető alakváltások mértékét. A másik lehetőség, hogy kompenzáljuk az aszimmetrikus kompozitok hővetemedését. A kompenzációt kétféleképpen közelíthetjük meg: ívelt szerszámlapra laminálással, vagy anyagában hibrid rétegrend alkalmazásával. Az előbbi esetben a gondosan megtervezett szerszámlapra laminálva a hőprogram során éppen a kívánt geometriájúra „vetemedne” a kompozit. A hibrid megközelítés esetében pedig az az ötlet, hogy az egymástól anyagukban különböző rétegek különböző hőtágulási tulajdonságai aszimmetrikus rétegrend esetében is ki tudnák egyenlíteni egymást. Így az eredeti szerszámgeometriának megfelelő termékhez juthatunk, miközben az alakváltó képesség megmaradhat.

A gyártási nehézségek leküzdése mellett a legnagyobb kihívás a teljeskörű optimalizáció megoldása. Ha adott a kompozit felépítő különböző anyagok, rétegek és a lehetséges orientációk száma, akkor adott egy permutációs halmaz, ami tartalmazza az összes lehetséges rétegrend felépítést. Egy teljes optimalizáció során – ideális esetben – ezeket a permutációkat végig kell vizsgálni, hogy kiválaszthassuk közülük az adott célnak leginkább megfelelőt. A permutációk száma azonban olyannyira növekszik például a rétegszám növekedésével, hogy elképzelhetetlen lenne „kézzel” végigszámolni mindent. Ennek megoldására szükség lesz egy automatikus optimalizáló

algoritmus megírására, ami a bemeneti paraméterek alapján analitikus úton (klasszikus lemezelmélettel) számolva eredményezi az optimális rétegrendet. Egy ilyen algoritmus figyelembe tudná venni az egyes mechanikai kapcsoló paraméterek együttes hatását is, így pontosabb közelítéssel tudná becsülni az optimális rétegrendet egy adott viselkedési forma eléréséhez. Továbbá mind a valós deformációk pontosabb becsléséhez, mind pedig a gyártási vetemedések kiküszöbölésének megoldásához érdemes lesz végeeselemes szimulációk segítségével is vizsgálni a kompozitok alakváltását.

#### 4. ÖSSZEFOGLALÁS

Munkánk során megmutattuk, hogy egy szálerősített kompozit laminátum rétegrendjének gondos megtervezésével el lehet érni, hogy a termék a megszokottól eltérő módon, hajlító terhelésre csavarodással is reagáljon. A nem konvencionális deformáció mértéke elegendően nagy ahhoz, hogy jelentős előnnyel járhasson például aerodinamiai elemként használva. Ezen alakváltó koncepció fő előnye, hogy a szerkezeti elem a működése során alapvetően fellépő terheléseken kívül semmilyen külső gerjesztést nem igényel.

A tapasztaltak alapján kijelöltük a kutatás további fő irányait. Ahhoz, hogy a kompozitokban rejlő alakváltó képességet a lehető leginkább ki tudjuk használni, megoldást kell találni az aszimmetrikus rétegrendek gyártási vetemedésének kiküszöbölésére. Későbbi munkánk során ezt ívelt szerszámlapok, illetve anyagában hibrid rétegrendek alkalmazásával kíséreljük meg elérni. Emellett célunk egy automatizált algoritmus létrehozására, amelyet számítógépen lefuttatva nagyszámú lehetőséget átvizsgálva jó biztonsággal találjuk meg a kívánt alakváltó viselkedés eléréséhez szükséges optimális rétegrendet. Ezt egy analitikus, a klasszikus lemezelméletre épülő optimalizáló kód megírásával fogjuk megkísérelni.

#### 5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikk az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-18-3 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült. A munkát a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (NKFIH) OTKA (K 116070 and K 120592), valamint az NVKP (NVKP\_16-1-2016-0046) pályázatai támogatták. A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Emberei Erőforrások Minisztériuma által meghirdetett Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program

támogatta, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Nanotechnológia (BME FIKP-NANO) tématerületi programja keretében. Segítségéért köszönet illeti Schultz Domokos MSc hallgatót.

#### 6. IRODALOM

- [1] Czvikovszky T., Nagy P., Gaál J.: A polimertechnika alapjai. Kempelen Farkas Hallgatói Információs Központ, Budapest (2007).
- [2] York C. B.: Unified approach to the characterization of coupled composite laminates : benchmark configurations and special cases. *Journal of Aerospace Engineering*, 4, 219–243 (2010).
- [3] Boria F., Stanford B., Bowman S., Ifju P.: Evolutionary optimization of a morphing wing with wind-tunnel hardware in the loop. *AIAA Journal*, 47, 399–409 (2009).
- [4] Tabata O., Konishi S., Cusin P., Ito Y., Kawai F., Hirai S., Kawamura S.: Micro fabricated tunable bending stiffness devices. *Sensors and Actuators, A: Physical*, 89, 119–123 (2001).
- [5] Webber K. G., Hopkinson D. P., Lynch C. S.: Application of a classical lamination theory model to the design of piezoelectric composite unimorph actuators. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, 17, 1–6 (2006).
- [6] Meng H., Li G.: A review of stimuli-responsive shape memory polymer composites. *Polymer*, 54, 2199–2221 (2013).
- [7] York C. B.: Extension-twist coupled laminates for aero-elastic compliant blade design. in '53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference. Honolulu' (2012).
- [8] Barbero E. J.: Introduction to composite materials design. 3rd ed. Taylor & Francis Group, Boca Raton (2018).







# CONTENTS

1. Dr. Darabos Anita: ..... 5 <i>THE OBSERVATION OF NATURAL ANALOGIES AND THEIR USE IN DESIGN</i>	8. Dr. Orbán Ferenc: ..... 36 <i>ECONOMIC DESIGN OF RECTANGULAR STORAGE TANKS</i>
2. Dóczy Martin Olivér, Dr. Simonovics János: ..... 8 <i>FINITE ELEMENT MODELING OF A CUSTOM MADE ACETABULAR CAGE</i>	9. Dr. Darabos Anita, Szalai Judit: ..... 39 <i>DESIGNING AND TECHNOLOGY CHANGING AND APPLICATIONS TO HUMAN BODY TRANSFORMATION</i>
3. Dr. Ecsedi István, Dr. Baksa Attila: ..... 12 <i>SAINT-VENANT TORSION OF ANISOTROPIC NONHOMOGENEOUS ELLIPTICAL CROSS SECTIONS</i>	10. Dr. Szirbik Sándor: ..... 43 <i>HYPERSINGULAR INTEGRAL EQUATIONS FOR THE TRACTIONS ON ORTHOTROPIC L-SHAPED BODIES IN TERMS OF FIRST-ORDER STRESS FUNCTIONS</i>
4. Dr. Fodor Lóránt: ..... 16 <i>INDUSTRIAL DESIGN – PRODUCT DESIGN IN THE TEAM WORKS</i>	11. Dr. Szunyogh Gábor, Dr. Gáti József, Dr. Horváth Sándor: ..... 47 <i>SPECIAL TECHNICAL SOLUTIONS OF JENDRASSIK DIESEL ENGINES</i>
5. Dr. Hegedűs József: ..... 18 <i>WHAT EVERYONE SHOULD KNOW ABOUT VALUE ANALYSIS</i>	12. Vermes Brúnó, Dr. Czigány Tibor: ..... 51 <i>FEASIBILITY OF SHAPE CHANGING COMPOSITES</i>
6. Dr. Horváth Sándor, Dr. Czifra Árpád: ... 28 <i>THE PERSON WHOM GÉZA PATTANTYÚS- ÁBRAHÁM CALLED THE GREATEST HUNGARIAN ENGINEER</i>	
7. Dr. Kiss Gábor, Tóth László, Berecz Csilla Éva: ..... 32 <i>DANGERS AND POSSIBILITIES IN AUTONOMOUS VEHICLES</i>	

# GÉP

## INFORMATIVE JOURNAL

for Technics, Enterprises, Investments, Sales, Research-Development, Market of the Scientific Society of  
Mechanical Engineering

Dr. Döbröczöni Ádám

**President of Editorial Board**

Vesza József

**General Editor**

Dr. Jármái Károly

Dr. Péter József

Dr. Szabó Szilárd

**Deputy**

Dr. Barkóczi István

Bányai Zoltán

Dr. Beke János

Dr. Bercsey Tibor

Dr. Bukoveczky György

Dr. Czitán Gábor

Dr. Danyi József

Dr. Dudás Illés

Dr. Gáti József

Dr. Horváth Sándor

Dr. Illés Béla

Kármán Antal

Dr. Kalmár Ferenc

Dr. Orbán Ferenc

Dr. Pálincás István

Dr. Patkó Gyula

Dr. Péter László

Dr. Penninger Antal

Dr. Szabó István

Dr. Szántó Jenő

Dr. Szűcs Edit

Dr. Timár Imre

Dr. Tóth László

Dr. Varga Emilné Dr. Szűcs Edit

Dr. Zobory István

**DEAR READER,**

On 22-24th August 1973 a number of 234, mainly top designer members of 110 firms and institutes dealt with the industrial design and its organisation. The idea of the conference was born in the summer of 1972 during the national secretariat meeting of the Scientific Society for Mechanical Engineering (GTE) that was arranged by the GTE committee of the University of Miskolc, with the collaboration of professor Dr. Zénó Terplán, Dr. József Magyar, Dr. Rezső Száday and the workmates of the Department of Machine Elements, University of Miskolc. The conference was opened by professor Dr. Jenő Varga, former chief designer of the GANZ factory, highlighting that this was the very first occasion of such a meeting in Hungary. He called the attention of the participants to the evaluation of the design, considering the mainly West German papers dealing with design methodology, published during the last years. The authors of all the 15 papers of the conference proceedings argued for a design work that framed into a consolidated system, fruitful and effective. After the event of the Discussion of Chief Designers in 1975 the conference title was transformed into National Seminary of Machine Designers in 1977.

Previously to the 1990-es changes, similarly to the earlier events in mood, was the 6th National Seminary of Machine Designers in 1985, held in Miskolc-Tapolca. The 43 presentations, all in printed form, too, were followed by 210 participants, arrived from the industry, research institutes and higher education. At the opening ceremony, professor Dr. József Drobní talked about the design of energy-efficient, reliable and aesthetic machines that are competitive not only abroad but also inland, and called the attention to challenges ahead. The bankruptcy of state-owned companies and research institutes influenced the VII. National Seminary of Designers. The conference was organized at the University of Miskolc and the presentations were held by university lecturers, professors and researchers for colleagues from the higher education and some industrial expert, with unchanged effort.

During the last decade of the 20th century the Hungarian industry was transformed radically, the producer changed places with the consumer, the underestimated consumer goods became equal to the machines and means of production, the dictionary of machine designers was completed by the word "product". The designers have understood the meaning of the product: everything which are interested in, e.g. Conference of Machine Designers, or on which the interest can be aroused, e.g. Conference of Machine and Product Designers. The organizers of the conference also understood the needs of the entrant generations, the kind participation in regular professional meeting, and the pleasure of the reliable publication at a reasonable price, by the support of the Scientific Society for Mechanical Engineering.

The change is perceptible in the theme of the presentations, too. Beside the mathematics, the mechanics and manufacturing sciences, the dimensioning, strength calculation, lubrication and structure of machine elements, the computer aided manufacturing of real products and virtual models, the biology, the medical sciences, the analogies of nature and the results of industrial design became also into the groups of analyzed areas.

At the end of this recommendation, do allow us the kind Reader a personal voice. Our organizing work since 1985 has not become fruitful without the support of the leaders, the teaching and non-teaching staff of the Institute of Machine and Product Design (formerly the Department of Machine Elements) Personally, I am indebted for their encouragement, critic and work to professor Gabriella Bognár Vadászné, director of Institute, to professor emeritus Ádám Döbröczöni, to Géza Németh senior lecturer, and to Aranka Gere economic administrator.

*Dr. József Péter  
organizing secretary of the Seminary*

Managing Editor: Vesza József. Editor's address: 3534 Miskolc, Szervezet utca 67.

Phone/fax: (+36-46) 379-530, (+36-30) 9-450-270 • e-mail: mail@gepujsag.hu

Published by the Scientific Society of Mechanical Engineering, 1147 Budapest, Czobor u. 68., Postal address: 1371, Bp, Pf. 433

Phone: 202-0656, Fax: 202-0252, E-mail: a.gaby@gteportal.eu, Web: www.gte.mtesz.hu

Web: http://www.gepujsag.hu \* Kereskedelmi és Hitelbank: 10200830-32310236-00000000

Publisher: Dr. Igaz Jenő, Managing Director

Gazdász Nyomda Kft. 3534 Miskolc, Szervezet u. 67. Telefon: 06-46/379-530 • e-mail: gazdasz@chello.hu

Distributed to subscribers by Magyar Posta Zrt, Postal address: 1900 Budapest

Subscription: subscription can be ordered at any Hungarian post office, from postmen, from the link: www.posta.hu WEBSHOP

(https://eshop.posta.hu/storefront/), via e-mail: hirlapelofigetes@posta.hu, by phone: 06-1-767-8262, or mail to: MP Zrt. 1900 Budapest

Subscription: subscription can be ordered from overseas and to overseas at Magyar Posta Zrt. Visit: www.posta.hu WEBSHOP (https://eshop.posta.

hu/storefront/), mail to: 1900 Budapest, 06-1-767-8262, or hirlapelofigetes@posta.hu

Domestic subscription prices are: HUF 1,260 a single copy and HUF 2,520 a double copy.

INDEX: 25 343 ISSN 0016-8572

**The published articles have been reviewed.**

The publication is supported by the National Cultural Fund of Hungary

**14.45-15.00** Dr. Bihari János egyetemi docens, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet: Kis fogszámú hajtófogaskerekek tervezési problémái

**15.00-15.15** Horváth Richárd PhD, egyetemi docens, Stadler Róbert Gábor Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar: Üvegszállal erősített polimer (GFRP) marási vizsgálata

**15.15-15.30** Lukács Judit tanársegéd, Óbudai Egyetem: Válaszfelületek módszerének alkalmazása gépjárművek akusztikai vizsgálatában

**15.30-15.45** Vermes Brúnó PhD hallgató, BME Gépészmérnöki Kar Polimertechnikai Tanszék, MTA-BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport, Dr. Czigány Tibor egyetemi tanár BME Polimertechnikai Tanszék, MTA-BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport: Kompozitok alakváltásának lehetőségei

**15.45-16.00** Tóth Dániel tanársegéd, Dr. Takács György egyetemi docens, Dr. Szilágyi Attila egyetemi docens Miskolci Egyetem, Szerszámgépek Intézeti Tanszéke: Csapághibák feltárása időtartománybeli módszerekkel

**16.00-16.15** Dóczi Martin Olivér MSc hallgató BME Gép- és Terméktervezés Tanszék, Dr. Simonovics János egyetemi adjunktus BME Gép- és Terméktervezés Tanszék: Egyedi vápakosaras rögzítés végelelemes modelljének elkészítése

**16.15-16.30** Máté Tamás demonstrátor, Dr. Zwierczyk Péter Tamás adjunktus BME Gép- és Terméktervezés Tanszék: Hőtágulás okozta repedés vizsgálata végelelemes módszerrel

**16.30-16.45** Dr. Papp Zoltán múzeumigazgató: A vízemelő kos története

**16.45-17.00** Dr. Szabó Ferenc egyetemi docens, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet: Optimális algoritmusok iteráció-történetének vizsgálata

**17.00-17.15** Erdei Réka, MSc gépészmérnök hallgató, Miskolci Egyetem, Jálics Károly c. egyetemi docens, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet: Ultrahangos anyagvizsgálat támogatása számítógépes modellezéssel.

## I. SZEKCIÓ, I. EMELET, DEÁK-TEREM

2018. NOVEMBER 9. (PÉNTEK) DÉLELŐTT 9.00-TÓL

**Szekcióvezető: Dr. Jálics Károly egyetemi docens, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet**

**9.00-9.15** Dr. Szávai Szabolcs egyetemi docens, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet, Béres Levente tudományos munkatárs, Kelenföldi Brigitta kutató, Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Nonprofit Kft.: Gördülő felületpárok vizsgálati próbatestének felületkezelési technológiai modellezése és validálása

**9.15-9.30** Dr. Kovács Sándor tudományos munkatárs, Margitai Péter junior kutató, Dr. Szávai Szabolcs osztályvezető, Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Nonprofit Kft.: Modellalkotás kihívásai cink bevonatú réz elektromos csatlakozók fretting korrozójának vizsgálatok

**9.30-9.45** Ungár Péter junior kutató, Bézi Zoltán tudományos munkatárs, Szűcs Renáta vezető kutató Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Nonprofit Kft.: Motorhűtő ventilátor kiegyensúlyozatlanságának vizsgálata

**9.45-10.00** Dr. Szávai Szabolcs osztályvezető, Dr. Kovács Sándor tudományos munkatárs Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Nonprofit Kft.: A csúszva-gördülő felületpárok károsodását leíró lokális modellek kritikai elemzése

**10.00-10.15** Szirbik Sándor, PhD, egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Műszaki Mechanikai Intézet: Hiperszinguláris integrálegyenletek elsőrendű feszültségfüggvényekkel L alakú ortotrop test peremén végzett feszültségszámításra

**10.15-10.30** Dr. Dömötör Csaba egyetemi docens, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet: Ipari terméki- és formatervező mérnök hallgatók kiállításának szervezési tapasztalatai

**10.30-10.45** Fodor Lóránt DLA BME Gép- és Terméktervezés Tanszék: Ipari formatervező a termékfejlesztési team-munkában

**10.45-11.00** Debreczeni Dániel PhD hallgató, Dr. Kamondi László címzetes egyetemi tanár Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet:

Zahnfedersteifigkeits- und Verformungsberechnung bei evolventisch-aussenverzahnten, zylindrischen Zahnradpaaren

**11.00-11.15** Sipkás Vivien PhD hallgató Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Intézet, Vadász Dr. Bognár Gabriella egyetemi tanár, Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Intézet: Micro switch failure analysis

**11.15-11.30** Suriné Lengyel Veronika tanszéki mérnök Soproni Egyetem: TPM vs. Ipar 4.0 – anomália vagy lehetőség?

**11.30-11.45** Mohamad Barhm Abdullah PhD hallgató, Dr. Jálics Károly egyetemi docens, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet: 1D and 3D modelling of modern exhaust manifold

**11.45-12.00** Alsarayefi Saad Jabber Nazal PhD hallgató, Dr. Jálics Károly egyetemi docens, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet: Failure detection of fibre reinforced plastic component with acoustic methods

**12.00-12.15** Haidar Faisal Helal Mobark PhD student University of Miskolc Institute of Materials Science and Technology, Dr. János Lukács Professor University of Miskolc Institute of Materials Science and Technology: HCF design curves for high strength steel welded joints

**12.15-12.30** Tóth Sándor Gergő PhD hallgató, Tóth Dániel tanársegéd, Dr. Takács György egyetemi docens, Dr. Szilágyi Attila egyetemi docens ME Szerszámgépek Intézeti Tanszéke: Tóth Sándor Gergő PhD hallgató, Tóth Dániel tanársegéd, Dr. Takács György egyetemi docens, Dr. Szilágyi Attila egyetemi docens ME Szerszámgépek Intézeti Tanszéke: Current development focuses of the hydrostatic bearing design and optimization

## II. SZEKCIÓ, I. EMELET, NAGYTEREM 2018. NOVEMBER 9. (PÉNTEK) DÉLELŐTT 9.00-TÓL

**Szekcióvezető: Dr. Bihari Zoltán egyetemi docens, Dr. Jálics Károly c. egyetemi docens, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet**

**9.00-9.20** Kugler Gergely BSc gépészmérnök hallgató, Miskolci Egyetem, Dr. Bihari Zoltán egyetemi docens, Miskolci Egyetem: CNC vezérelt lézer gravírozó komplex tervezése

**9.20-9.40** Simon Krisztián BSc gépészmérnök hallgató Miskolci Egyetem, Tóbis Zsolt mesteroktató, Miskolci Egyetem: Élelmiszeripari daráló berendezés fejlesztése

**9.40-10.00** Marada Imre BSc gépészmérnök hallgató Miskolci Egyetem, Dr. Bihari János egyetemi docens, Miskolci Egyetem: Pneumobil hajtómű tervezése

**10.00-10.20** Bódi Máté BSc gépészmérnök hallgató Miskolci Egyetem, Dr. Szabó J. Ferenc egyetemi docens, Miskolci Egyetem: Személygépkocsi jobb mellső futóművének végelelem vizsgálata, kátyúba hajtás esetén

**10.20-10.40** Klecskó Szimonetta hallgató, Kun Patrik hallgató, Ábrám Tibor iskolaigazgató fizika tanár, Lévay József Református Gimnázium és Diákotthon, Miskolc: Miért is nem magyar találmány a radar? – Csorba György élete és munkássága

**10.40-11.00** Magyar Balázs BSc formatervező mérnök hallgató Miskolci Egyetem: Számítógépház tervezése

**11.00-11.20** Orosz Adrián BSc gépészmérnök hallgató, Dr. Kamondi László c. egyetemi tanár, Miskolci Egyetem: Kézi hajtású háztartási aprító tervezése

**11.20-11.40** Kmetz Barbara, BSc formatervező mérnök hallgató, Miskolci Egyetem, Dr. Kamondi László c. egyetemi tanár, Miskolci Egyetem: A kézprotézisek fejlesztésének lehetőségei

**11.40-12.00** Kocsis Gergő, BSc gépészmérnök hallgató, Miskolci Egyetem, Jálics Károly c. egyetemi docens, Miskolci Egyetem: A fejlődés útja az önműködő kézfegyverekig

**12.00-12.20** Papp Szonja BSc gépészmérnök hallgató, Miskolci Egyetem: Kenőolajok tulajdonságai és vizsgálatauk

**12.30** Összefoglalás. A Géptervezők és Termékfejlesztők XXXIV. Szemináriumának bezárása

## A GÉPTERVEZŐK ÉS TERMÉKFEJLESZTŐK XXXIV. SZEMINÁRIUMÁNAK SZERVEZŐI:

Vadászné Prof. Dr. Bognár Gabriella  
az MTA doktora, habil intézetigazgató

**Dr. habil. Döbröczeni Ádám** egyetemi tanár, professor emeritus  
**Dr. Péter József** c. egyetemi tanár, a szeminárium titkára  
**Németh Géza** egyetemi adjunktus  
**Gere Aranka** intézeti ügyintéző

## KORÁBBI RENDEZVÉNYEINK:

Vezető Konstruktőrök Tanácskozása  
Miskolc, 1973. augusztus 23 - 24.

Vezető Konstruktőrök Tanácskozása  
Miskolc, 1975. július 23 - 24.

Géptervezők III. Országos Szeminárium  
Miskolc, 1977. augusztus 30 - szeptember 1.

Géptervezők IV. Országos Szeminárium  
Miskolc, 1980. augusztus 26 - 27.

Géptervezők V. Országos Szeminárium  
Miskolc, 1982. augusztus 25 - 26.

Géptervezők VI. Országos Szeminárium  
Miskolc, 1985. április 11 - 12

Géptervezők VII. Országos Szeminárium  
Miskolc, 1989. május 29 - 31.

Géptervezők VIII. Országos Szeminárium  
Miskolc, 1991. május 29 - 30.

Géptervezők IX. Országos Szeminárium  
Miskolc, 1993. szeptember 30 - október 1.

Géptervezés ,94 (Géptervezők X. Országos Szeminárium)  
Miskolc, 1994. május 20.

Géptervezők XI. Országos Szeminárium  
Miskolc, 1995. május 29-30.

Géptervezés-termékfejlesztés ,96 (Géptervezők és  
Termékfejlesztők XII. Országos Szeminárium),  
Miskolc, 1996. május 24-25.

Géptervezők és Termékfejlesztők XIII. Országos Szeminárium,  
Miskolc, 1997. november 28.

Géptervezők és Termékfejlesztők XIV. Országos Szeminárium,  
Miskolc, 1998. december 15.

Géptervezők és Termékfejlesztők XV. Országos Szeminárium,  
Miskolc, 1999. szeptember 30-október 1.

Géptervezők és Termékfejlesztők XVI. Országos Szeminárium,  
Miskolc, 2000. november 15 - 16.

Géptervezők és Termékfejlesztők XVII. Országos Szeminárium,  
Miskolc, 2001. november 8 - 9.

Géptervezők és Termékfejlesztők XVIII. Országos Szeminárium,  
Miskolc, 2002. november 7 - 8.

Géptervezők és Termékfejlesztők XIX. Országos Szeminárium,  
Miskolc, 2003. november 6 - 7.

Géptervezők és Termékfejlesztők XX. Országos Szeminárium  
Miskolc, 2004. november 11 - 12.

Géptervezők és Termékfejlesztők XXI. Országos Szeminárium  
Miskolc, 2005. november 10 - 11.

Géptervezők és Termékfejlesztők XXII. Országos Szeminárium  
2006. november 9 - 10.

Géptervezők és Termékfejlesztők XXIII. Országos Szeminárium  
2007. november 15 - 16.

Géptervezők és Termékfejlesztők XXIV. Országos Szeminárium  
2008. november 13 - 14.

Géptervezők és Termékfejlesztők XXV. Országos Szeminárium  
2009. november 5 - 6.

Géptervezők és Termékfejlesztők XXVI. Országos Szeminárium  
2010. november 11-12.

Géptervezők és Termékfejlesztők XXVII. Országos Szeminárium  
2011. november 10-11.

Géptervezők és Termékfejlesztők XXVIII. Országos Szeminárium  
2012. november 8-9.

Géptervezők és Termékfejlesztők XXIX. Országos Szeminárium  
2013. november 7-8.

Géptervezők és Termékfejlesztők XXX. Országos Szeminárium  
2014. november 6-7.

Géptervezők és Termékfejlesztők XXXI. Országos Szeminárium  
2015. november 5-6.

Géptervezők és Termékfejlesztők XXXII. Országos Szeminárium  
2016. november 10-11.

Géptervezők és Termékfejlesztők XXXIII. Országos Szeminárium  
2017. november 9-10.

## GÉPTERVEZŐK ÉS TERMÉKFEJLESZTŐK XXXIV. SZEMINÁRIUMA

**Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet  
H-3515 MISKOLC-EGYETEMVÁROS  
Telefon/Fax: (0036)-46-327 643  
E-mail: machpj@uni-miskolc.hu**

