

## Környezettudatos tervezési gondolkodásmód és a környezetbarát technológiák mérnökképzésbe integrálása

Kerekes Ferenc Attila\*, Nyári Péter\*\*,  
Szabó József Zoltán\*\*\*

\*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki kar  
1081 Budapest Népszínház utca 8. (Tel: +36-1-666-5361; e-mail: kerekes.attila@bgk.uni-obuda.hu)

\*\*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki kar  
1081 Budapest Népszínház utca 8. (Tel: +36-1-666-5361; e-mail: nyari.peter@bgk.uni-obuda.hu).

\*\*\*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki kar  
1081 Budapest Népszínház utca 8. (Tel: +36-1-666-5451; e-mail: szabo.jozsef@bgk.uni-obuda.hu)

Kivonat: A felszíni közlekedés, a jármű- és gyártástechnológia, valamint a logisztika fő alapkövetelménye a fenntarthatóság, a biztonság, a környezetvédelem, illetve a versenyképesség. Az urbanizáció napjainkban egyre gyorsabban és nagyobb mértékben növekszik, amely magával vonja az egyre gyorsabb életvitelt. Elvárás lett a közlekedés fejlesztésben a megbízhatóság és a gyorsaság, valamint ezek mellett fontos szerepet játszik a környezetvédelem. Annak érdekében, hogy a jövő mérnökei a lehető legoptimálisabb megoldásokat fejleszthessék ki, a tanulmányaik során kellően megalapozott gondolkodásmódot és naprakész ismereteket kell elsajátítaniuk. Ez a cikk bemutatja az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar OEKO Shell Eco-marathon járműves hallgatói projekten keresztül, hogy miként fejlesztjük az oktatás színvonalát és ezáltal a hallgatók tudását projektek segítségével.

### 1. BEVEZETÉS

Az ökológiai válság korszakába értünk, így a környezeti nevelés Magyarországon és világszerte is egyre inkább felértékelődik. Napjainkban már a környezettel, természettel való kapcsolat újraértelmezésére van szükség. A környezeti problémák felismerése és a velük való törődés már hosszú évek óta foglalkoztatja a társadalom fejlődésére kihatni tudó szereplőket. A környezettudatosság fogalma elválaszthatatlan az ipari fejlődéssel és a vele járó megnövekedett szennyezés kialakulásától. Az jövő mérnökei nagy szerepet fognak játszani abban, hogy a társadalmi igényeket úgy szolgálják ki, hogy az ökológiai lábnyomunk mérete ne növekedje, hanem akár csökkenjen.

A környezettudatos szemlélet sok esetben elérte, hogy már tettekben is megmutatkozik. Ezen esetekben az adott szereplő igyekszik egyéni tettei, döntései során a környezeti hatásokat is figyelembe véve cselekedni. Számos példát lehet felsorakoztatni, az energiatakarékos izzók használatától kezdve, a kerékpáros közlekedésen át, a háztartási komposztálástól, a szelektív hulladékgyűjtésig és még tovább sorolhatnánk azokat, amiket a társadalom szereplői választhatnak annak érdekében, hogy környezettudatos életet éljenek.

Az ipar és az oktatás keresi, valamint támogatja azokat a kreatív mérnöki innovációs tevékenységeket, amelyek előtérbe hozzák a közlekedés fejlődését. Fontos számukra a teljesen innovatív szemléletű közúti/városi közlekedési modellekben és technológiai újításokban rejlő környezetvédelmi lehetőségek.

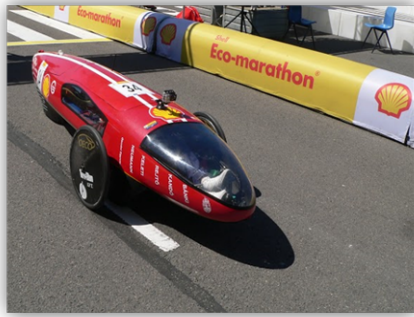
### 2. KÖRNYEZETBARÁT JÁRMŰVES HALLGATÓI PROJEKTEK

Az elmúlt évtizedben egyre több járműipari vagy közlekedéshez kapcsolódó nagyvállalat indított el a profiljához igazodó versenyt, amelyek többsége nemzetközi szinten kerül megrendezésre. Magyarországon a járműipar a legjelentősebb iparág, ezért a magyar műszaki felsőoktatásban tanuló diákok számára e versenyek egyre szimpatikusabbak, ezáltal az induló csapatok száma évről-évre növekszik.

Főbb versenyek:

- Bosch Go-Kart: a csapatoknak a modern autók jövőbe mutató funkcionalitását kell minél ötletesebben és profibban megvalósítani a gokartjukban
- Bosch Elektromobil: 8 db akkumulátoros fűróval meghajtott jármű megépítése és a járművel történő versenyzés a feladat
- Aventics Pneumobil: sűrített nitrogénnel működtetett pneumatikus munkahengerekkel hajtott autó megépítése és velük való versenyzés a cél
- Shell Eco-marathon (Európa, Ázsia, Amerika): üzemanyag takarékos járművet kell megépíteni, amely 1 liter 95-ös benzin energiataralmával a lehető legnagyobb távolságot képes megtenni. A hajtás elektromos vagy belsőégésű motor lehet.

Ezek mellett több olyan hallgatói projekt is életre kelt, melyet több nagyvállalat is szponzorál, ilyen például a World Solar Challenge vagy a Solar Boat Race.



1. ábra Óbudai Egyetem OEKO csapatának 2015-ös Shell Eco-marathon járműve

A felsorolt versenyeken műszaki feladatokat kell teljesíteniük a csapatoknak. A projektek magukban foglalják a teljes tervezési, kivitelezés és tesztelési folyamatokat. Mindezek mellett projektmenedzsment oldalról is kiemelkedően kell teljesíteniük azoknak az indulóknak, akik jó eredményt szeretnének elérni. A legtöbb versenyen a rendezők évről-évre magasabb szintre emelik a követelményeket, így ösztönözve a hallgatókat és az oktatási intézményeket a folyamatos fejlődésre.

Az Óbudai Egyetem csapatai már évek óta eredményesen vesznek részt a Bosch, Aventics és Shell által megrendezett versenyeken.

### 3. AZ OEKO CSAPAT BEMUTATÁSA

Az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar OEKO Shell Eco-marathon csapata már 8. éve vesz részt a nemzetközi üzemanyag takarékosági versenyen benzines prototípus kategóriában. Csapatunk létszáma átlagosan 25 főből tevődik össze, akik különböző szakirányról érkeznek.



2. ábra A 2015-ben induló OEKO csapat és járművük

Az eddigi legjobb eredményünk 565 km/liter-es fogyasztás, amit a hollandiai versenypályán sikerült teljesíteniük.

A járművünk első kerék kormányzású és összesen három kerekű. A meghajtásról egy benzines Honda GX35, 35 cm<sup>3</sup>-es átalakított fűkasza motor gondoskodik, amely centrifugál kuplungon keresztül, lánchajtással adja át a nyomatékát a hátsó kerekre. A motort elektronikus vezérléssel tudjuk

vezérelni a beszerelt beavatkozók és jeladók segítségével. A karosszéria karbon kompozit monocoque kialakítású.

Az első évtől kezdve kutatjuk azokat a jövőbe mutató technológiákat, amely hozzájárulhat a kitűzött eredmény eléréséhez. 2014-es évtől kezdődően nem csupán a kis fogyasztással szeretnénk környezetbarátak lenni, hanem a jármű teljes életciklusára nézve. Ezt az elvet szem előtt tartva, célunk, hogy a tervezés első lépésétől kezdve, a kivitelezésen át, a tesztelésig és a jármű megsemmisítésig ne használjunk a szükségesnél több energiát, valamint a jármű életciklusa végén a lehető legkevesebb nem újrahasznosítható hulladék keletkezzen.

### 4. AZ OEKO CSAPAT INNOVATÍV ÉS KÖRNYEZETBARÁT FEJLESZTÉSI MEGOLDÁSAI

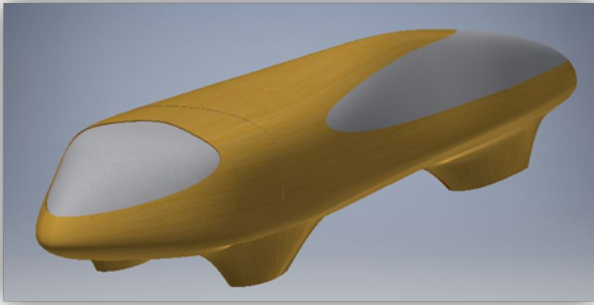
A műanyag prototípus vagy akár végleges alkatrészek gyártása során is törekszünk az újrahasznosítható, illetve lebomló anyagokat használni, mint például a 3D nyomtatáshoz alkalmazott PLA (~politejsav alapú műanyag) filamentet. A 3D nyomtatással költséget, időt és előállítási energiát is tudunk csökkenteni a hagyományos anyagválasztással járó technológiákkal (marás, esztergálás) szemben. A 3. ábrán a saját fejlesztésű belsőégésű motor hengere és dugattyúja látható. A motor többi alkotóelemének kinyomtatását követően a motort össze tudtuk szerelni, ezáltal nem csak a CAD modellen tudtuk vizsgálni az alkatrészek mozgását, hanem az így elkészült kézzel fogható modell alapján is. A modell motor járműbe való integrálása során meggyőződünk arról, hogy a tervek alapján elfér a karosszériában és a felfogatási, rögzítési pontok is megfelelő helyen vannak. A modell motoron leellenőrizhettük, hogy a motor szerkezetiileg megfelelően működik. A kinyomtatott modell segítségével, megelőzhetővé vált, hogy az ezt követő megmunkálásra kerülő valós motoron kialakítási hibából származó eltérés legyen. Így megakadályoztuk, hogy anyag, költség és energia vesszen kárba egy esetleges CAD környezetben nem látott hiba miatt.



3. ábra 3D nyomtatott alkatrészek

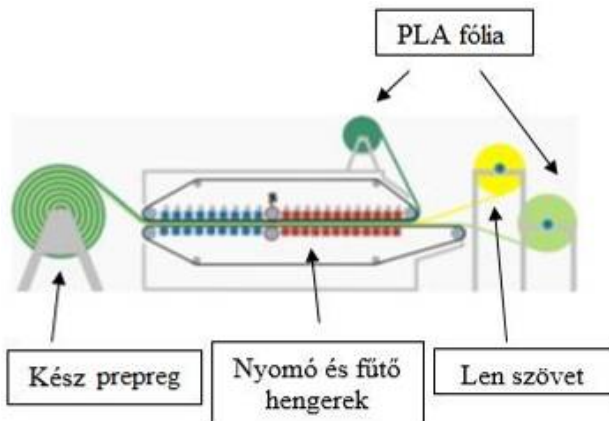
A 2017-es megmérettetésen már egy teljes mértékben megújuló, természetes alapanyagból, környezetbarát gyártási technológiával készülő és biológiai úton lebomló karosszériával rendelkező versenyautóval indulunk, amelyet a 4. ábra mutat be. A koncepció a Meshlin Composites Zrt által kifej-

lesztett új, természetes (len szövetű) erősítőszállal készülő bio-kompozit alapanyagból történő karosszéria kialakítása. A megépítésre kerülő új kompozit karosszéria két fő összetevője az erősítő len-szövet, valamint a hőre lágyuló úgynevezett termoplasztikus PLA (~politejsav) vagy bio-epoxy gyanta, ami beágyazza a természetes szálú erősítő szövetet. A bio-epoxy gyatával azokat a karosszéria alkatrészeket alakítjuk ki, amelynél nem alkalmazható a PLA gyantás lamináló technológia, hanem az ecsettel vagy hengerrel történő gyanta felhordása szükséges a kívánt forma elérése érdekében.



4. ábra Jármű formaterv

A bio-kompozit prepreg és sandwich panelek gyártása sík-ágyas, szilikon nyomó-hevederes, integrált nyomást, fűtést és hűtést alkalmazó lamináló berendezés segítségével történik. Az 5. ábra a laminálás folyamatát mutatja be.



5. ábra Lamináló berendezés (forrás: Meshlin (2015b))

A gép a laminálandó anyagokat (erősítőszál, PLA fólia vagy por) a gyanta feldolgozási hőmérsékletére (~195 C°) hevíti. A hevítési zónát követően az len szálak és a képlékeny gyanta a nyomóhengerek magas nyomásának hatására erős adhezív kapcsolatba kerül, mialatt a gyártandó prepreg réteg vastagsága precízen kialakul. Végző lépésként a gép hűtési zónája stabilizálja az így keletkezett heterogén kompozit struktúrát és a hevederek folyamatosan adagolják az elkészült bio-kompozit prepreg lemezt. A precíz nyomás, hő és magasság beállítások lehetővé teszik nem csak prepreg-ek, hanem komplex szendvics panelek gyártását is (6. ábra).



6. ábra Bio-kompozit prepreg tekercs és szendvics szerkezet (forrás: Meshlin (2015b))

Az általunk kiválasztott bio-kompozit az üvegszálból készült kompozit szilárdsági tulajdonságaihoz hasonló. A 200g/m<sup>2</sup> és 0,4 mm vastagságú szövetnek a szakítószilárdsága R<sub>m</sub>=59MPa.

A Meshlin Composites Zrt által kifejlesztett bio termékek az UL94V0 fokozatnak megfelelő szabványos éghetőségi tesztet teljesítették. A csapatunk a biztonságot is szem előtt tartja, ezek okából választottuk a cég által kifejlesztett a bio termékeket, mert így a jármű egy esetleges baleset vagy elektromos rövidzárlat esetén nem tud lángra lobbanni, ezzel is megelőzve a pilóta testi sérülését és a jármű túlzott károsodását.

#### 6. A BIO-KOMPOZIT KAROSSZÉRIA LEBOMLÁSI FOLYAMATA

A bio-kompozit gyantarészét alkotó PLA-nak először hidrolízisen kell átesnie egy viszonylag emelt hőmérsékleten (~58 C°) annak érdekében, hogy molekula tömege csökkenjen, ami mint előfeltétel szükséges ahhoz, hogy a valós lebomlási folyamat elinduljon komposztálási környezetben. A nagyüzemi komposztálás átlagos hőmérséklete (60-70 C°) teljesen megfelelő ahhoz, hogy a PLA lebomlása elinduljon.

Ha megvizsgáljuk a PLA lebomlási folyamatát valós komposztálási körülmények között (tehén trágya, faforgács, háztartási hulladék, stb.) körülbelül 65 C°-on 30 napon keresztül a következőket tapasztaljuk:

- a 4. naptól jelentős fregmentáció figyelhető meg, a PLA darabokon, ami a polimer lánc rövidebb oligomer és monomer láncra történő felbomlását jelzi
- a 15. napon a teljes PLA termék kisebb darabokra esik szét
- végül a 30. nap környékén a komplett PLA anyag eltűnik, lebomlik

Kísérletet végeztünk, hogy különböző hőmérsékletű háztartási komposztban miként megy végbe a lebomló folyamat. A 7. ábrán látható komposztba helyeztük el a kísérleti bio-kompozit mintákat.

A komposztok hőmérsékletét napi kétszeri alkalommal mértük. A darabokat hetente vettük ki és vizsgáltuk meg, szemrevételezve a változásokat.



7. ábra Háztartási komposztáló ( $V=0,8 \text{ m}^3$ )

A mérések alapján a magasabb hőmérsékletű háztartási komposztban sem fejlődik kellően magas hőmérséklet, az elért maximális hőmérséklet  $T_{\max}=55 \text{ C}^\circ$  volt, ezért a folyamat időszükséglete a nagyüzemi komposztálási körülmények között véghezvihető bomlási idő többszöröse. Az alacsonyabb hőmérsékletű ( $T_{\max}=39 \text{ C}^\circ$ ) komposztban a folyamat még jobban lelassult.

A folyamatra jótékony hatással volt a komposztálandó bio-kompozit minták kisméretűre ( $10 \times 5 \text{ mm}$ ) darabolása.



8. ábra A komposztból 2 hét után kiszedett minta

A 8. ábrán bekarikázott területen jól látható, ahogy a len szövet nedvszívó képességéből adódóan a bomlási folyamat könnyebben kialakul a nagyobb méretű ( $180 \times 20 \text{ mm}$ ) minta belsejében.

## 7. KONKLÚZIÓ

A mérnök-képzésben nagy szerepet játszik a gyakorlatorientált oktatás, hiszen így a hallgatók motiváltságát is elő tudjuk segíteni, valamint azt fent tudjuk tartani. Az egyetemen futó hallgatói projektek eddig már számos hallgatónak mutatta meg, hogy miért érdemes mérnöknek tanulni, majd mérnökként dolgozni. A projektek nem csupán arra adnak lehetőséget, hogy a tanuló valamit gondolati szinten hozzon létre, hanem akár annak megvalósítására (9. ábra).

Az Óbudai Egyetemen bevezetésre kerülő projektszemléletű oktatás már nem csak azoknak a hallgatóknak ad lehetőséget valamilyen produktum elkészítésére, akik bekerültek a fentebb említett projektek valamelyikébe, hanem a képzésben résztvevő összes diáknak.

A projektszemléletű oktatás aktívan foglalkoztatja a hallgatót egyéni munkában vagy csapatban dolgozva, így segítve a gondolkodásmód fejlődését és az igazi mérnökké válást.



9. ábra Hallgatók motorszerelés közben

A projektek által az oktatásba behozott új technológiák, anyagok alkalmazási módjai, elősegítik, hogy a végzett hallgatók a megtanult ismereteik alapján akár teljesen új megközelítésű terveket készítsenek, ilyen lehet a bio-kompozitból készülő sporteszközök (10. ábra) vagy a közlekedési járműveink belső burkolata és még lehetne sorolni.



10. ábra Bio-kompozitból készült kerékpár váz (forrás: Meshlin (2015b))

## 8. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Járműfejlesztési tevékenységünket támogatta a

**Meshlin Composites Zrt.**

A szerzők ezúton köszönik meg az általuk nyújtott önzetlen támogatást.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

Meshlin Composite Zrt (2015a) Bio-kompozit lebomlási folyamata *bemutató anyag* (2015)

Meshlin Composite Zrt (2015b) Meshlin Introduction *prospektus* (2015)

Dékány Krisztina (2007). Multimédia oktatása projekt módszerrel. In: *MultiMédia az Oktatásban* 2007 konferencia Budapesti Műszaki Főiskola, Budapest, pp.387-392.