

# **2022 GT3** Innovation

## **INNOVÁCIÓS SZAKKIÁLLÍTÁS ÉS KONFERENCIA**

*Innovation Fair and Conference*

<https://gt3.bme.hu/hirek.php?lepes=2&hirid=245>

*Minden jog fenntartva / All rights reserved:*

### **BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM, GÉP- ÉS TERMÉKTERVEZÉS TANSZÉK**

*Budapest University of Technology and Economics*

*Department of Machine and Product Design*

**ISBN 978-963-421-889-0 (Nyomtatott megjelenés)**

**ISBN 978-963-421-890-6 (Elektronikus megjelenés)**

*Kiadó / Publisher:*

### **BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM, GÉP- ÉS TERMÉKTERVEZÉS TANSZÉK**

*Budapest University of Technology and Economics*

*Department of Machine and Product Design*

*Kiadás éve / Year of publication:*

**2022**

2022 december 15.  
BME GT3 épület

# GT3 innovation

**BME GT3**

Innovációs Szakkiállítás  
és Konferencia

Szerkesztő: Dr. Horák Péter

20  
22



BME GÉP- ÉS TERMÉKTERVEZÉS TANSZÉK  
BME DEPARTMENT OF MACHINE AND PRODUCT DESIGN

<https://gt3.bme.hu>



## **2022 GT3 INNOVATION**

Innovációs Szakkiállítás és Konferencia

2022.12.15.

*Szerkesztő / Editor:*

**DR. HORÁK PÉTER**

*A konferencia szervezője / Organizer:*

**BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM,  
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR,  
GÉP- ÉS TERMÉKTERVEZÉS TANSZÉK**

*A konferencia elnöke / Chairman:*

**DR. HORÁK PÉTER**

tanszékvezető

*A konferencia tudományos bizottsága / Scientific committee:*

**DR. HORÁK PÉTER**

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

**DR. FARKAS ZSOLT**

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

**DR. GÁRDONYI PÉTER**

Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem

**DR. OLDAL ISTVÁN**

Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem

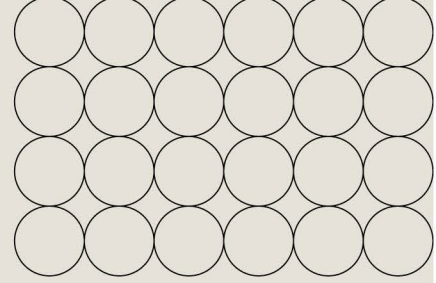
## **A KONFERENCIA ÉS SZAKKIÁLLÍTÁS CÉLJA:**

A hazai kis és középvállalatok számára, hosszú távon a kutatás-fejlesztés elengedhetetlen a piaci verseny kihívásainak leküzdésére. A saját know-how megteremtése nagy kihívások elé állítja a hazai vállalatokat, amely tevékenység során, a sokszor világszínvonalú feladatmegoldás folyamata, eredményei nem kerülnek nyilvánosságra. A GT3 innovációs konferencia és szakkiállítás elsődleges célja, hogy a vállalatok a fejlesztéseik során végzett tevékenység bemutatására, az elért eredmények publikálására ugyanakkor a megszületett know-how fizikai formában megvalósult eredményeinek prezentálására is lehetőséget kapjanak.

## **A KONFERENCIA ÉS KIÁLLÍTÁS FŐ TÉMAKÖREI:**

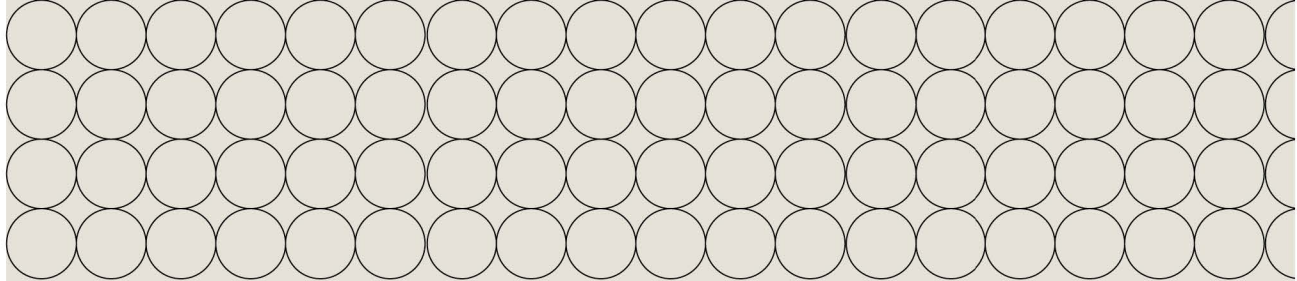
- Innovatív gyártástechnológiák, additív gyártás a fejlesztésben
- Szimulációs eszközök innovatív alkalmazása
- Gépészeti automatizálástechnika
- Méréstechnika, anyagvizsgálat alkalmazása
- Mechatronikai alkalmazások
- Modern informatikai megoldások a fejlesztésben
- Mesterséges Intelligencia, öntanuló rendszerek
- Ipar 4.0

# PROGRAM



## ELŐADÁSOK (2022. 12.15. 09:00-12:10)

9:00- 9:10	<b>Szikra Viktor</b>	Tehergépjárművek, emelőgépek, rakodógépek asszisztens rendszerének fejlesztése
9:10- 9:20	<b>Széles Levente</b>	Additív technológiára tervezett bukósisak végeselemes vizsgálata
9:20- 09:30	<b>Horváth Barnabás</b>	Talaj alapú építészeti megoldások vizsgálata az additív gyártás tükrében. 3D nyomtatásra alkalmas vályoganyagok vizsgálata
9:30- 9:40	<b>Szamosi Péter</b>	Nagy mobilitású, környezettudatos betongyártó rendszer fejlesztése
9:40- 9:50	<b>Szalai Marcell</b>	Auxetikus anyagok vizsgálata hatékonyabb energiafelvevő képesség érdekében
9:50- 10:00	<b>Holczbauer András</b>	Épülethomlokzat rekonstrukció modern eszközökkel
10:00- 10:30	<b>SZÜNET</b>	
10:30- 10:40	<b>Pigniczky Ferenc</b>	Kettős működésű kötőberendezés termékfejlesztése
10:40- 10:50	<b>Dr. Krisch Róbert</b>	Moduláris felépítésű, nagy teljesítménysűrűségű precíziós hajtásrendszer fejlesztése
10:50- 11:00	<b>Szigeti Gréta</b>	Kerékpárra felszerelhető passzív védelmi gyermekülés fejlesztés
11:00- 11:10	<b>Héber Gábor ifj.</b>	Automatizált gyártási utasításos, egyedileg azonosított sütőipari okostermék fejlesztése
11:10- 11:20	<b>Dr. Czinkota Imre</b>	Tengervízzel működő környezetbarát energiacella működése
11:20- 11:30	<b>Gotthard Viktor</b>	DfM „Design for Modularity” elvek és innovatív megoldások
11:30- 11:40	<b>Dely Ferenc</b>	Előkészített húsok élelmiszerbiztonságának és minőségének fejlesztése Ipar 4.0 szintű megoldásokkal
11:40- 11:50	<b>Szabó Zoltán</b>	Ophrys Iricolor - Új lendület a levelezésben
11:50- 12:00	<b>Farkas László</b>	Egyedi fejlesztés és gyártás innovatív technológiákkal
12:00- 12:10	<b>Dr. Mezey Zoltán</b>	Habosított ütközővel felszerelt motoros hajók fejlesztése



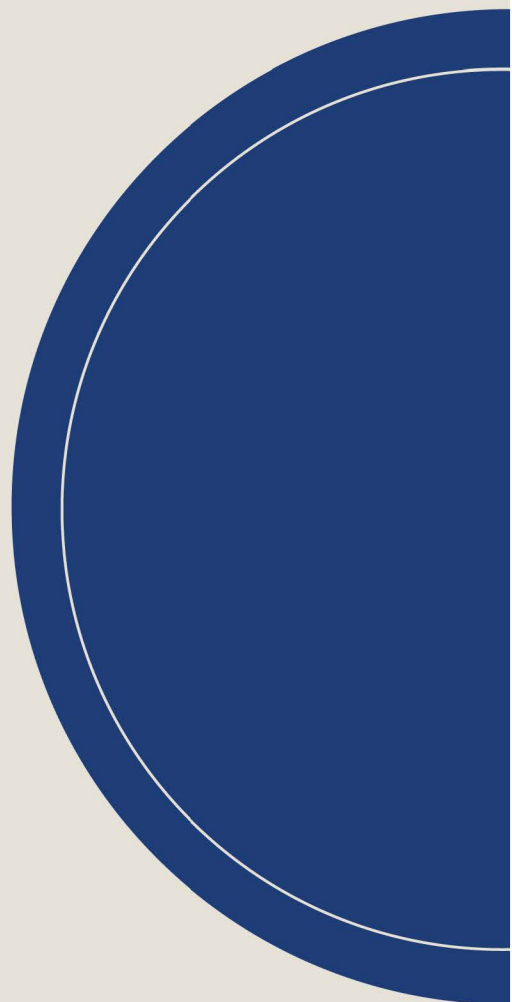
## EBÉDSZÜNET (12:10-12:30)

## KEREKASZTAL BESZÉLGETÉS (12:30-14:00)

Téma	Innovációs lehetőségek a kis- és középvállalatok horizontján	
Moderátor	<b>Dr. Horák Péter</b>	tanszékvezető, BME Gép-és Terméktervezés Tanszék
Részvevők	<b>Dr. Czinkota Imre</b>	ANT Kft.
	<b>Dely Ferenc</b>	VOYAGEX MORINI Külkereskedelmi Kft.
	<b>Dr. Gárdonyi Péter</b>	Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
	<b>Dr. Gotthard Viktor</b>	G-MAX Europe Kft.
	<b>Héber Gábor ifj.</b>	Pr1mer Kft.
	<b>Kiss Gyula</b>	Mediagnost Kft.
	<b>Dr. Kőfalvi Gyula</b>	MBBE-EVU-HUNGARY
	<b>Kőfalvi Tamás</b>	EBK-Hungary Kft.
	<b>Kötél Tamás</b>	Mumgép Kft.
	<b>Dr. Krisch Róbert</b>	Wavedrive Kft.
	<b>Dr. Rádics János Péter</b>	Sparktech Innováció Kft.
	<b>Szabó Zoltán</b>	Door2World Kft.
	<b>Szamosi Péter</b>	CE-Dynamic Kft.
	<b>Szikra Viktor</b>	Rodin Connecting Kft.

## KIÁLLÍTÁS (09:00-16:00)

Kiállítók	ANT Kft.
	Door2World Kft.
	EBK Hungary Kft.
	FLAAR Kft.
	G-MAX Europe Kft.
	Hafner Pneumatika Kft.
	HIWIN GmbH
	Laser Engineering & Development Ltd.
	Mediagnost Kft.
	RLS Kft.
	Sparktech Innováció Kft.
	Wavedrive Kft.



## TARTALOMJEGYZÉK

01. Szikra Viktor, Dr. Gárdonyi Péter: TEHERGÉPJÁRMŰVEK, EMELŐGÉPEK, RAKODÓGÉPEK SPECIÁLIS ASSZISZTENS RENDSZERÉNEK PROTOTÍPUS FEJLESZTÉSE .....	9
02. Széles Levente, Dr. Oldal István, Kőfalvi Tamás: ADDITÍV GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁRA TERVEZETT BUKÓISIAK VÉGESELEMES VIZSGÁLATA .....	14
03. Horváth Barnabás, Dr. Máthé László, Dr. Rádics János Péter: AUTOMATIZÁLT, HELYI ALAPANYAGOKRA ÉS MELLÉKTERMÉKEKRE ALAPOZOTT MOBIL ÉPÍTÉSZETI MEGOLDÁS KIDOLGOZÁSA A MEZŐGAZDASÁG SZÁMÁRA .....	20
04. Szamosi Péter, Nagy András, Dr. Rádics János Péter: NAGY MOBILITÁSÚ, KÖRNYEZETTUDATOS BETONGYÁRTÓ RENDSZER FEJLESZTÉSE .....	27
05. Szalai Marcell, Széles Levente, Kőfalvi Tamás: AUXETIKUS ANYAGOK VIZSGÁLATA HATÉKONYABB ENERGIAFELVEVŐ KÉPESSÉG ÉRDEKÉBEN .....	32
06. Holczbauer András, Dr. Máthé László, Kőfalvi Tamás: ÉPÜLETHOMLOKZAT REKONSTRUKCIÓ MODERN ESZKÖZÖKKEL .....	39
07. Pigniczki Ferenc: EGYEDI, KETTŐSMŰKÖDÉSŰ KÖTÖRŐGÉP KIFEJLESZTÉSE AZ UMWELT KFT.-NÉL .....	44
08. Neumann Róbert, Dr. Horák Péter, Dr. Krisch Róbert: MODULÁRIS FELÉPÍTÉSŰ, ROBOTKAROKBAN UNIVERZÁLISAN HASZNÁLHATÓ, NAGY TELJESÍTMÉNYSŰRŰSÉGŰ PRECÍZIÓS HAJTÁSRENDSZER KIFEJLESZTÉSE A K.K.K. 99 KFT.-NÉL .....	51
09. Szigeti Gréta, Széles Levente, Kőfalvi Tamás: KERÉKPÁRRA FELSZERELHETŐ PASSZÍV VÉDELMI GYERMEKÜLÉS FEJLESZTÉSE .....	56
10. Héber Gábor ifj., Dr. Rádics János Péter, Badakné dr. Kerti Katalin: AUTOMATIZÁLT GYÁRTÁSI UTASÍTÁSOS, EGYEDILEG AZONOSÍTOTT SÜTŐIPARI OKOSTERMÉK FEJLESZTÉSE .....	62
11. Dr. Czinkota Imre, Dr. Kovács Balázs, Czinkota György, Kiss Szabolcs, Tábor Viktor: TENGERVÍZ ELEKTROLITTAL MŰKÖDŐ ÁRAMFORRÁS KIDOLGOZÁSA .....	70
12. Dr. Gotthard Viktor: „DESIGN FOR MODULARITY” AZAZ MODULÁRIS ELVŰ TERVEZÉS ÉS FEJLESZTÉS: ELVEK ÉS INNOVATÍV MEGOLDÁSOK A G-MAX EUROPE KFT.-NÉL .....	76
13. Dely Ferenc, Molnár Dániel: NAGY HOZZÁADOTT ÉRTÉKŰ, SOUS-VIDE ÉS HHP ELJÁRÁSSAL KOMBINÁLT, HOSSZAN ELTARTHATÓ ELŐKÉSZÍTETT HÚSOK IPAR 4.0 SZINTŰ GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJÁNAK FEJLESZTÉSE ÉLELMISZERBIZTONSÁGI ÉS MINŐSÉGI CÉLLAL .....	89
14. Szabó Zoltán: ENVELOPES ON-DEMAND WITH OPHRYS IRICOLOR .....	94



15. Farkas László: EGYEDI FEJLESZTÉS ÉS GYÁRTÁS INNOVATÍV TECHNOLOGIÁKKAL.....	97
16. Dr. Mezey Zoltán: HABOSÍTOTT ÜTKÖZŐVEL FELSZERELT MOTOROS HAJÓK FEJLESZTÉSE A FLAAR KFT-NÉL.....	101
17. Dr. Kőfalvi Gyula, Börzsönyi József: „A BIZTONSÁGOS KÖZLEKEDÉSÉRT” GYALOGOS KÖZLEKEDÉS BIZTONSÁGÁNAK JELLEMZŐI.....	105

# TEHERGÉPJÁRMŰVEK, EMELŐGÉPEK, RAKODÓGÉPEK ASSZISZTENS RENDSZERÉNEK FEJLESZTÉSE

## DEVELOPMENT OF ASSISTANCE SYSTEMS FOR TRUCKS, LIFTING AND LOADING EQUIPMENT

Szikra Viktor, ügyvezető, Rodin Connecting Kft. (rodinconnecting@gmail.com)

### ABSTRACT

The development of a prototype of a rollover assist device to improve the safety of truck-mounted crane operation has essentially resulted in a device that is capable of detecting the criticality of rollover during the operation of truck-mounted crane equipment in the road transport industry. The equipment includes a power supply system, displacement and load detectors on the vehicle axles and supporting structures, a central control and evaluation unit and a warning and emergency stop device. The aim of the development was to provide a warning, control and monitoring system for the use of the widely used and recently developed system for the control and monitoring of the commercial vehicle (truck and lorry). The aim of the project was to develop a roll-over safety device and procedure for the use of crane structures on commercial vehicles (trucks, trailers, etc.), which have been widely used in recent times, to facilitate and speed up the loading of vehicles, where the driver is also the crane operator and mostly works alone, and to enable retrofitting and use in different types, purposes and designs of commercial vehicles (trucks, construction and municipal vehicles, forestry lifting equipment, etc.).

### 1. BEVEZETÉS

A tehergépjárműre felszerelt daruk működtetésének biztonságát növelő borulás asszisztens berendezés prototípusának fejlesztése során lényegében egy olyan berendezést hoztunk létre, amely alkalmas a közúti szállítási iparágban a tehergépjárművekre szerelt daruberendezések működtetése során annak boruláskritikus állapotának detektálására, a gépkezelő részére veszélyjelzés továbbítására. A berendezés, a detektálás és veszélyérzékelés valamint annak figyelmeztető jelzését eredményező eljárás arra irányul, hogy az emelési-daruzási munkafázis során folyamatosan érzékelésre-kiértékelésre kerüljenek az adott konkrét emelőgépre vonatkozóan a kitalpaló szerkezet oldalirányú helyzetének, annak rögzítettségének paraméterei, valamint a talajjal érintkező rész fajlagos nyomásának nagysága, az egyes tengelyek kétoldali függőleges irányú kerékterhelésnek nagyságai, a gémszerkezet hossz- és szöghelyzetének adatai és ezeknek a konkrét járműre vonatkozó borulásstabilitását meghatározó algoritmus alapján figyelmeztető jelzést adjon a gépkezelő számára az egyes biztonságtechnikai szerkezeti részek nem megfelelő helyzetéről és állapotáról illetve kritikusnak minősített helyzetekben vészjelzést szolgáltatson, egyidejűleg szakítsa meg az emelési folyamatot.

A kifejlesztésre került berendezés specifikumát a megfelelően parametrizált, a tehergépkocsi tengelyein, a kitalpalókon valamint a gémszerkezeten elhelyezett elmozdulás- szögelfordulás és terhelés érzékelő szenzorok adják, amelyek továbbítják jeleiket a vezérlő-kiértékelő egység felé, amely az egyes szenzorok jeleit külön szűrőn átbocsátva ellenőrzi azok biztonságos működését, elvégzi a sürgősszerű, hibásnak minősíthető jelek szűrését és a konkrét emelő járműre vonatkozó a vezérlő egységben tárolt speciális, veszélyhelyzet meghatározási stratégia és algoritmus alapján meghatározza a kialakuló boruláskritikus helyzet veszélyességi fokát és ennek függvényében először felhívó jelet továbbít a figyelmeztető berendezésen keresztül a gépkezelő részére aki ennek alapján fel tudja ismerni a kialakuló veszélyhelyzet jellegét és helyét annak érdekében, hogy hatásos beavatkozást tudjon végrehajtani.

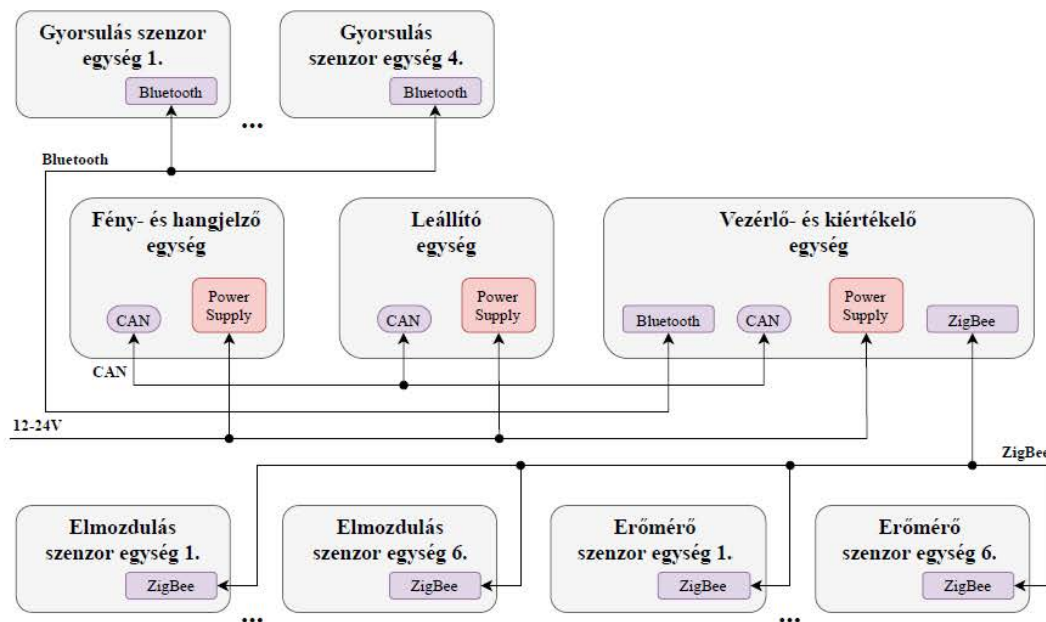


1. ábra. A kitalpaló alá helyezett erőmérő egység

A műszaki újdonság tartalmát a következő igénypontok jelentik: A berendezés a különböző kialakítású tehergépkocsi, pótkocsi, speciális jármű, erdészeti és rakodógépek alvázára szerelt daruberendezések működtetése során annak boruláskritikus állapotának megállapítására alkalmas, utólag felszerelhető kivitelű, a detektálás kiterjed a jármű tengelyei, a kitalpaló szerkezet és a gémszerkezetre vonatkozóan. Előbbiek révén a kitalpaló és a gémszerkezet elemek geometriai helyzetének, elmozdulásának, szögelfordulásának és terhelés megállapítására is alkalmas.

## 2. A KIFEJLESZTETT RENDSZER FŐ KOMPONENSEI:

1. Tengely szenzor egységek a jármű tengelyek felfüggesztésének mindkettő jármű oldalán annak függőleges irányú elmozdulásának érzékelése és meghatározása céljából.
2. Kitalpaló szerkezet szenzorokkal
3. A gémszerkezeten elhelyezett szenzorok a csuklós vagy teleszkópos gémszerkezet üzem közbeni kitolt helyzetét rögzíti. (billentő nyomaték kar)
4. A központi vezérlő –és kiértékelő egység
5. Figyelmeztető jelző berendezések (hang, vizuális)
6. Energia ellátó egység

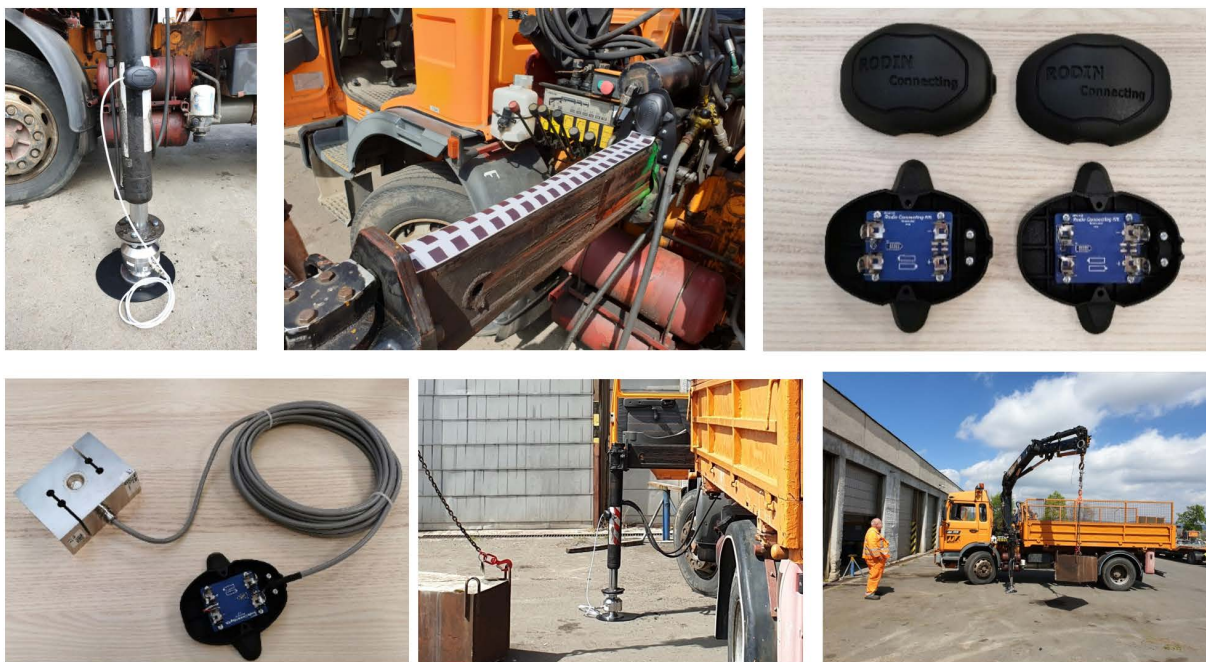


2. ábra. A rendszerelemek hardveres illesztése

### 3. A PROTOTÍPUS ESZKÖZ FEJLESZTÉSÉNEK RÖVID ISMERTETÉSE

A projekt kezdetén megvizsgáltuk a tehergépkocsi és szerelvények borulási folyamatának fizikai jellemzőit és a tesztelési és vizsgálati eljárásokat, valamint darus tehergépkocsi borulásos eseteket elemeztünk. Az elkészített esettanulmány alapján következtetéseket vontunk le és egy adott borulásos esetre, a tehergépkocsi és a rakodódaru paramétereinek felhasználásával számításokat végeztünk, melyből megkaptuk a jármű súlypontjának és a borulási egyenesnek az eltolódását meghatározó paramétereket. A kapott paraméterek alapján felállítottunk egy a jármű stabilitását meghatározó matematikai modellt, mely megadja az egyes állapotok biztonsági tényezőjét. A létrehozott modellt felhasználva MatLab környezetben létrehoztunk egy grafikus felületet, mely vizuálisan segít detektálni a borulás veszélyességét. Az elkészített MatLab program a biztonsági tényezőkhöz tartozó paramétereket is megadja, a holtér asszisztens rendszer az ezekből létrehozott adattömb alapján konstans és mért értékekből számítja a veszélyesség szintjét, mely alapján vészjelzést ad. A rendszer fő elemei a vezérlő- és kiértékelő egység, a szenzorhálózat és az optikai és hangjelző berendezés. A vezérlő- és kiértékelő egység egy mikroszámítógép alapú, ZigBee, Bluetooth és CAN kommunikációs képességű eszköz, mely egy additív gyártástechnológiával gyártható polimer dobozban helyezkedik el. Az eszköz ZigBee modulja tartalmazza a szenzorhálózat illesztéséhez szükséges ZigBee stack-et és egyedi clustert. A szenzorhálózat definiálásához elsőként meghatároztuk a mérendő paramétereket, melyek a daru körbefordulása, a daru elemek orientációja és pozíciója, a daru elemek kitolásának mértéke, a kitalpaló egység kitalpaltságának mértéke, valamint a daru terhelésének mértéke. Ezt követően meghatároztuk a mérési környezet jellemzőit, majd a szenzorok kialakítását.

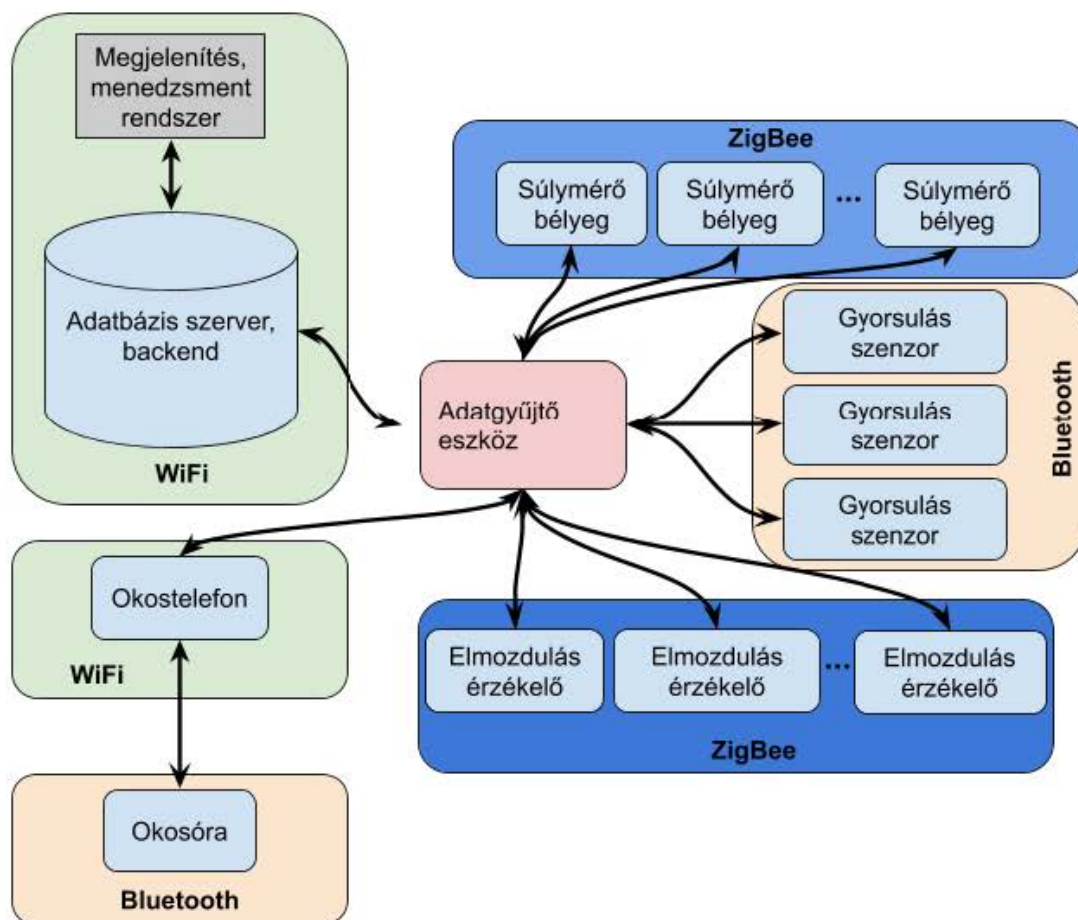




3. ábra. A rendszer elemei és tesztelése

A szenzorrendszerben alkalmazott szenzorok az elmozdulás szenzor, a pozíció és orientációs szenzor, a kitalpalás terhelés szenzor és a daru terhelés szenzor. Az elmozdulás szenzor egy infravörös akadályérzékelő modulból és egy mérőskálából áll, ZigBee kommunikációs képességgel, alkáli elemes tápellátással. A pozíció és orientációs szenzor egy 9 szabadságfokú MEMS-ből és egy Bluetooth modulból épül fel, akkumulátoros tápellátással. A kitalpalás és a daru terhelés szenzorokhoz erőmérőcellákat alkalmaztunk, melyek ZigBee kommunikációs képességgel rendelkező illesztőmodulhoz kapcsolódnak. Az optikai és hangjelző berendezés egy CAN kommunikációs képességű eszköz, mely a járműre szerelve fény- és hangjelzéssel figyelmezteti a darukezelőt a veszélyhelyzetre. Emellett készítettünk egy Android alapú telefonos alkalmazást, mely Bluetooth kapcsolaton keresztül a központi egységtől kapott adatok alapján vészjelzést ad, valamint a daru optimális elmozdulását is jelzi. Az alkalmazás Android-os okosórára is implementálható lesz. A részegységek gyártása, összehangolása után labor- és kültéri környezetben tesztek végeztünk validációs céllal. Az alábbi ábrák az egyes részegységek modelljeit, legyártott verzióját és a rendszerterveket szemléltetik, illetve a validációs tesztekéről készült képek egy részét is közöljük.





4. ábra. Rendszer struktúra

#### 4. ÖSSZEFOGLALÓ

A tehergépjárműre felszerelt daruk működtetésének biztonságát növelő borulás asszisztens berendezés prototípusának fejlesztése során lényegében egy olyan berendezést hoztunk létre, amely alkalmas a közúti szállítási iparágban a tehergépjárművekre szerelt daruberendezések működtetése során annak boruláskritikus állapotának detektálására, a gépkezelő részére veszélyjelzés továbbítására. A berendezés energiaellátó rendszert, a jármű tengelyein, kitalpaló szerkezeti elemein elmozdulás és terhelés érzékelő detektorokat, központi vezérlő- és kiértékelő egységet és figyelmeztető, vészleállító berendezést tartalmaz. A fejlesztés célja volt, hogy az utóbbi időszakban széles körben elterjedt, a haszongépjármű (tehergépkocsi ill. pótkocsi) felépítményekre felszerelt, a járművek rakodását megkönnyítő és időben gyorsító daruszerkezetek használata során, amelyeknél a gépkocsivezető egyben darukezelő is és többnyire egyedül végzi a munkát, egy borulás biztonsági funkciójú berendezés és eljárás kialakítása, amely lehetővé teszi a különböző típusú, célú és kialakítású haszongépjárművekbe (tehergépkocsik, építőipari és kommunális járművek, erdészeti emelőgépek stb.) történő utólagos beszerelhetőséget és használatot.

#### 5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A „Tehergépjárművek, emelőgépek, rakodógépek speciális asszisztens rendszerének prototípus fejlesztése” projekt a VEKOP-2.1.7-15-2016-00600 számú támogatás keretében valósult meg.

# ADDITÍV GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁRA TERVEZETT BUKÓISÁK VÉGESELEMES VIZSGÁLATA

## FINITE ELEMENT TESTING OF A HELMET DESIGNED FOR ADDITIVE MANUFACTURING

Széles Levente okl. gépészmérnök, EBK Hungary Kft. Dr. Oldal István egyetemi docens, Magyar Agrár  
– és Élettudományi Egyetem, Kőfalvi Tamás ügyvezető, EBK Hungary Kft.

### ABSTRACT

The number of fatal and non-fatal but serious injuries of bike riders is on the rise. It can also be stated that the target values set by countries, or the EU are not being met. Given these horrific statistics our aim in this project (project no. 2019-1.1.1-PIACI-KFI-2019-00236) is to develop passive safety elements for vulnerable road users, thus reducing the fatality rate or severity of road accidents.

In this study we present an innovative lattice filled passive safety helmet and the required simulation method to accurately design and predict the behavior of these helmets for bike riders. Based on our thorough literature and market research we come to the following conclusion: In order to increase the safety of bicycle riders a lattice filled, additively manufactured passive safety helmet needs to be designed. Additive technologies allow us to leverage the extraordinary energy absorption capabilities of lattice structures as investigated by many researchers. Inside the aerodynamically designed helmet the lattice filled region is responsible for absorbing the impact energy through failure (deformation) in case of an accident.

Predicting let alone designing the behavior of a complex lattice filled geometry is quite the challenge. In this study we present the required simplifications used to represent the actual behavior of the designed helmet efficiently but accurately in an intense accident.

Keywords: safety, additive manufacturing, lattice, energy absorption, helmet

### 1. BEVEZETÉS

A közlekedésben számos járműfajttával rendkívül sok ember vesz részt nap mint nap. A közúti közlekedésben sajnos mindennaposak a balesetek, melyek kimenetele az enyhe sérüléstől egészen a halálig terjed. Közös érdekünk a balesetek számának csökkentése, erre az egyes országok és például az Európai Unió is célkitűzéseket tesz. Az EU által kitűzött egyik cél, azonban sajnos közel sem teljesült [1], 2013 óta csak kismértékben csökkent a közúti balesetek száma.

Számos eltérő közúti közlekedési résztvevőt – baleset helyzetet [2] elemezve világossá vált, hogy a közlekedési résztvevők egy csoportja védtelennek tekinthető. Jelen publikáció és a teljes projekt keretében a célunk ezen védtelen közúti résztvevők védelmének növelése, a kialakult baleset következményeinek mérséklése.

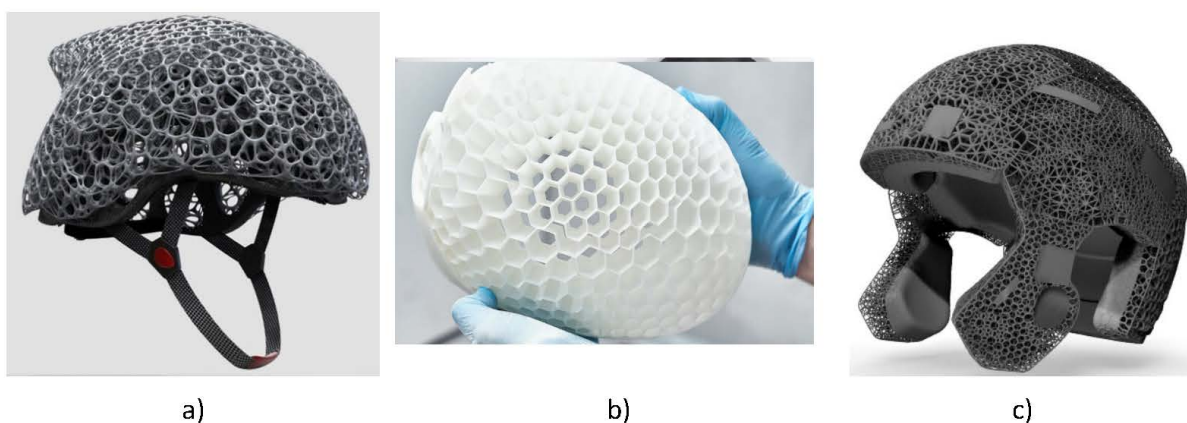
Jelen publikációban a kerékpárosok védelme érdekében létrehozott fejlesztésünk kerül bemutatásra; pontosabban a létrehozott termék végeselemes minősítése. A kerékpáros balesetekre elérhető statisztikák alapján látható, hogy szükséges a fejlesztés; évi több ezer halálos és több tízezer komoly sérüléssel járó baleset lenne elkerülhető [3]. Két fontos adatot kiemelve; a halálos áldozatok száma növekszik, és a nem halálos sérülések száma ugyan csökkenő tendenciát mutat, az elmúlt pár évben ezen a területen is növekvő tendencia mutatkozik [3] így a fejlesztés nélkülözhetetlen.

## 2. FEJLESZTÉSI IRÁNY KIJELÖLÉSE

A fejlesztési irány kijelöléshez piackutatást végeztünk. A piacon számos személyre szabható kerékpáros bukósisakot [4 -5] és újfajta megjelenésű amerikai foci sisakot [6] láthatunk. Az sisakok egyedinek is innovatívnak tekinthetők abból a szempontból, hogy a belső felük a hagyományos szivacsos kialakítástól eltérően belső térkitöltő rácsszerkezetekkel, úgynevezett lattice szerkezetekkel kitöltöttek.

Irodalom kutatásunk, valamint a projekt keretében elvégzett vizsgálataink alapján tudjuk, hogy a megfelelő lattice szerkezet megfelelő paraméterek mellett komoly energiafelvevő képességgel rendelkezik. A fentiekben és az alábbi ábrán is bemutatásra került termékek mindegyike additív gyártástechnológiák felhasználásával készült.

A fentiek együttesen határozták meg termékfejlesztésünk irányát; egy olyan additív gyártástechnológiával létrehozott fejlett passzív védelemmel ellátott bukósisakot tervezünk megalkotni, melyben az ütközési energia felvételéért lattice szerkezet felel.



1. ábra. Piackutatás eredménye; innovatív védelmi bukósisakok (a) Voronoi lattice alapú kitöltés [4] (b), HEXR kerékpáros bukósisak nyomtatást követően [5] (c) Tervezett lattice szerkezettel kitöltött amerikai foci sisak [6]

A megfelelő lattice szerkezet és a kívánt mértékű energiafelvételt megvalósító geometriai paraméterek vizsgálatok, szimulációk alapján határozhatók meg, melynek módszertanát jelen publikáció második felében ismertetjük.

## 3. TERMÉK FEJLESZTÉS BEMUTATÁSA

A termékfejlesztés első lépése a bukósisak formatervezése volt, melyet a szimulációs eredmények alapján kiválasztott lattice alapú kitöltés követett. A kerékpáros bukósisak lattice alapú kitöltése egy több lépéses folyamat; első lépésként a kitöltendő térfogat különválasztását kell megvalósítani.

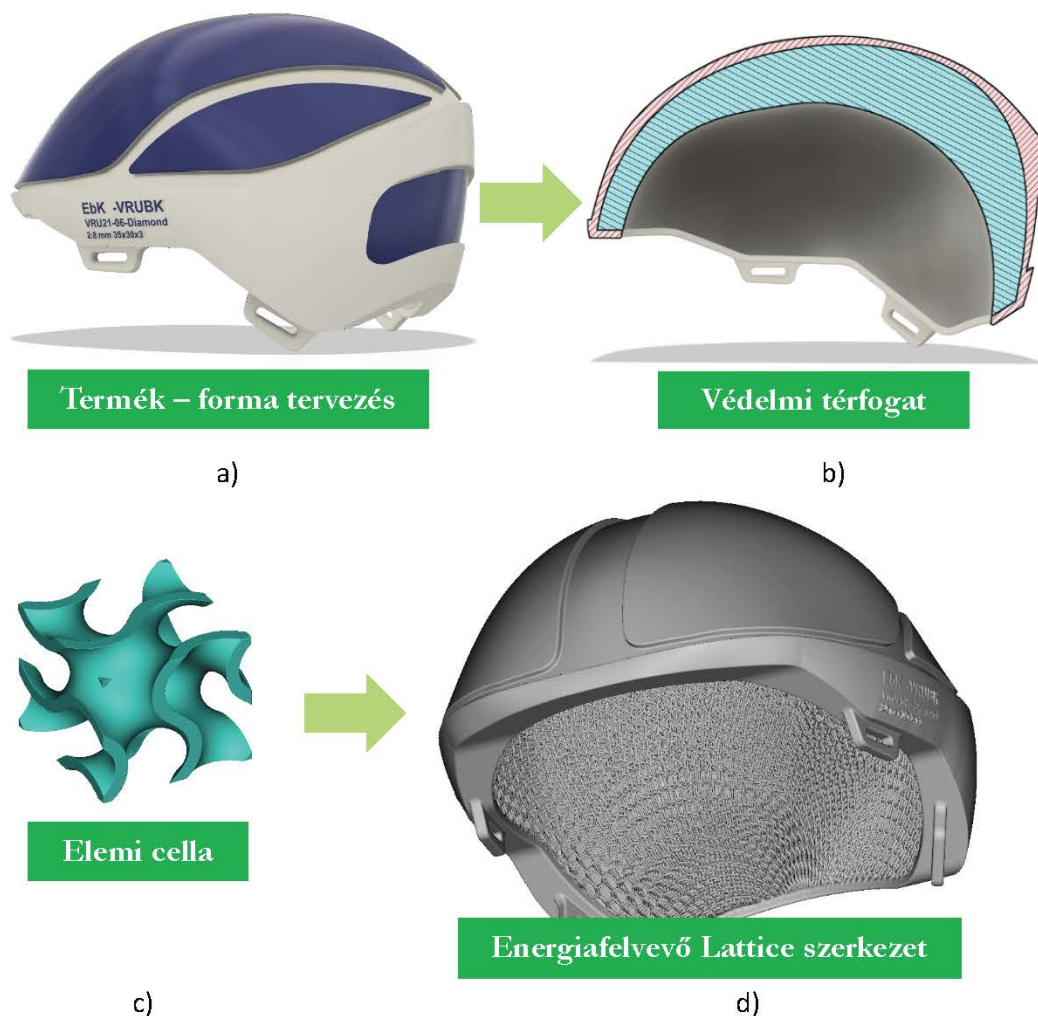
Az energiafelvevő régió elhatárolásánál fontosnak tartottuk, hogy a kitöltésre megválasztott lattice szerkezet ne kizárólagosan feleljen az ütközési energia felvételért. Az előzőek értelmében a bukósisak külső, 3 mm vastag héja így nem alkotja a kitöltendő térfogat részét, az a végleges termékben tömör anyagként került kinyomtatásra.

A védelmi térfogat különválasztását követően (lásd 2. ábra) egy megfelelő CAD szoftverben egy lattice térképet hoztunk létre, mely ahogy a neve is sugallja az általunk megadott elemi cella méretek alapján (esetünkben 8x8x8 mm) egy felületkövető háló térképet hoz létre.

Elengedhetetlenül fontos a szoftver megfelelő működéséhez, hogy egy teljes mértékben osztatlan, elektől mentes felület legyen a bemenet. Ezt követően a szimulációs eredmények alapján a kívánt elemi cellát és a megfelelő paramétereket beállítva a szoftver kitölti a térfogatot.

A folyamatot és annak eredményét a 2. ábrán követhetjük végig. A bukósisak összesen 3150 darab elemi lattice cellával kerül kitöltésre.





2. ábra. A passzív védelemmel ellátott bukósisak termékfejlesztésének menete sorrendben: (a) termék-formatervezés, (b) védelmi térfogat külön választása, (c) a kitöltésre megválasztott elemi cella, (d) energiafelvevő lattice szerkezettel kitöltött „kész” termék 3D CAD modellje.

#### 4. BALESETI HELYZET LEKÉPZÉSE VÉGESELEMES KÖRNYEZETBEN:

A baleset mindenképpen egy nagysebességű, rendkívül rövid idő alatt lezajló folyamat, éppen ezért egy dinamikus szimulációs modult használunk; a végeselemes számításokhoz az ANSYS Workbench nevű programot használtuk.

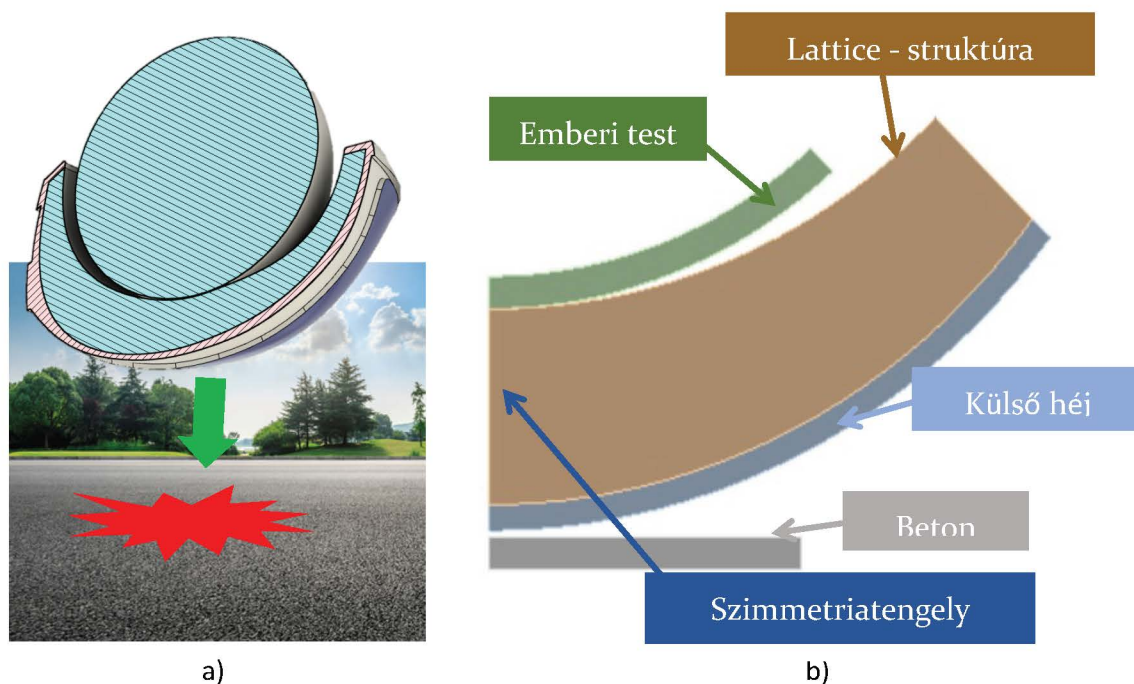
A vizsgált baleseti helyzet során a védtelen kerékpáros közlekedési résztvevő bukósisakostól 0,7 méter magasságból (3,75 m/s ütközési sebességgel) csapódik neki egy beton falnak.

Belátható, hogy a több ezer komplex elemi cella végeselemes szimulációja rendkívül komplex feladat lenne éppen ezért szükséges a szimulációs egyszerűsítése. A bukósisak geometriáját tekintve egy tengelyszimmetrikus geometriáról beszélhetünk, a terhelések-peremfeltételek tekintetében is fennáll a tengelyszimmetria. A végeselemes szimuláció így egy kétdimenziós tengelyszimmetrikus estre egyszerűsíthető.

A szimuláció energiaforrás igényét legjobban a Lattice szerkezetek homogenizációja tudná felgyorsítani. Számos eltérő homogenizációs módszertan létezik, azonban többségük csak alacsony sebesség és kis deformációk esetén alkalmazható [7]. A vizsgált baleseti helyzet esetében egyik állítás – egyszerűsítés sem helytálló.

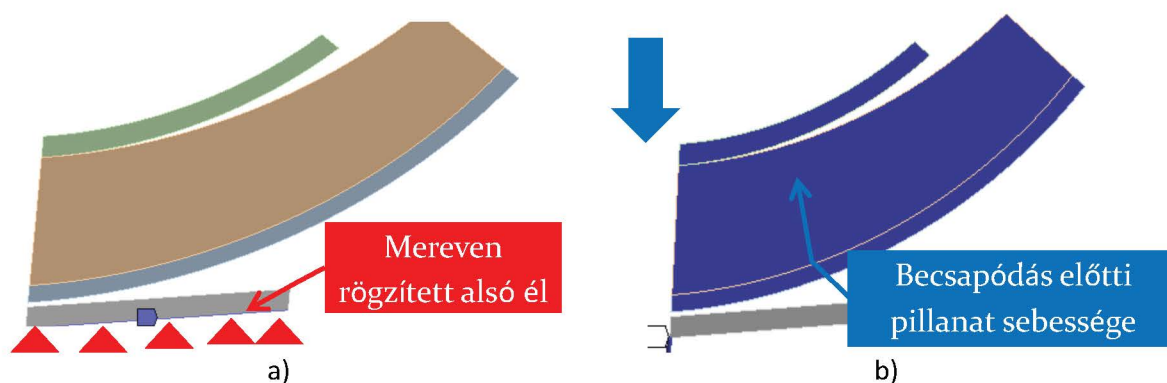
A projekt keretében egy saját nagy sebességű és nagy deformációs eseteket leírni képes homogenizációs módszer eredményeit használva azonban alkalmazható a homogenizáció. A homogenizációt használva a komplex lattice szerkezet egyszerűen, ekvivalens tömör anyagként,

anyagjellemzőkkel jellemezhető. A 3. ábra mutatja az eredeti baleseti és az kétdimenziós tengelyszimmetrikus végelelemes modellt.



3. ábra. A valós baleseti körülmény és a létrehozott végelelemes modell bemutatása: (a) valós baleseti körülmény, (b) végelelemes környezetben reprezentált baleset.

A szimulációhoz még egy további egyszerűsítést alkalmaztunk. A 3. ábrán is látható módon a teljes (a baleset során tömegként megjelenő) terhelés helyett csak egy kisebb körgyűrű cikket vittünk be a modellbe. Ezen kisméretű geometriának a teljes, a baleseti terhelés szempontjából releváns tömeggel egyenértékű kell legyen. Ezt áthidalva a VEM modellben az emberi testnek egy állsűrűség értéket adtunk, úgy, hogy a kisebb méretű elem tömege megegyezzen a teljes releváns tömegével. A sűrűség érték mellett a többi anyagjellemzőt nem volt szükséges módosítani.



4. ábra. A valós baleseti körülmény és a létrehozott végelelemes modell bemutatása: (a) valós baleseti körülmény, (b) végelelemes környezetben reprezentált baleset.

A szimulációban két csoportra oszthatjuk a résztvevő entitásokat: mozgó (becsapódó) és álló elemek. Peremfeltételeket tekintve az álló beton alap alsó éle mereven rögzített. A 4. ábrán kék színnel jelölt elemek (a betont kivéve az összes elem) együtt egy adott sebességgel csapódik be. A bukósisakot alkotó két réteg, azaz a külső héj és lattice struktúra között merev kapcsolat (*shared topology*) lett



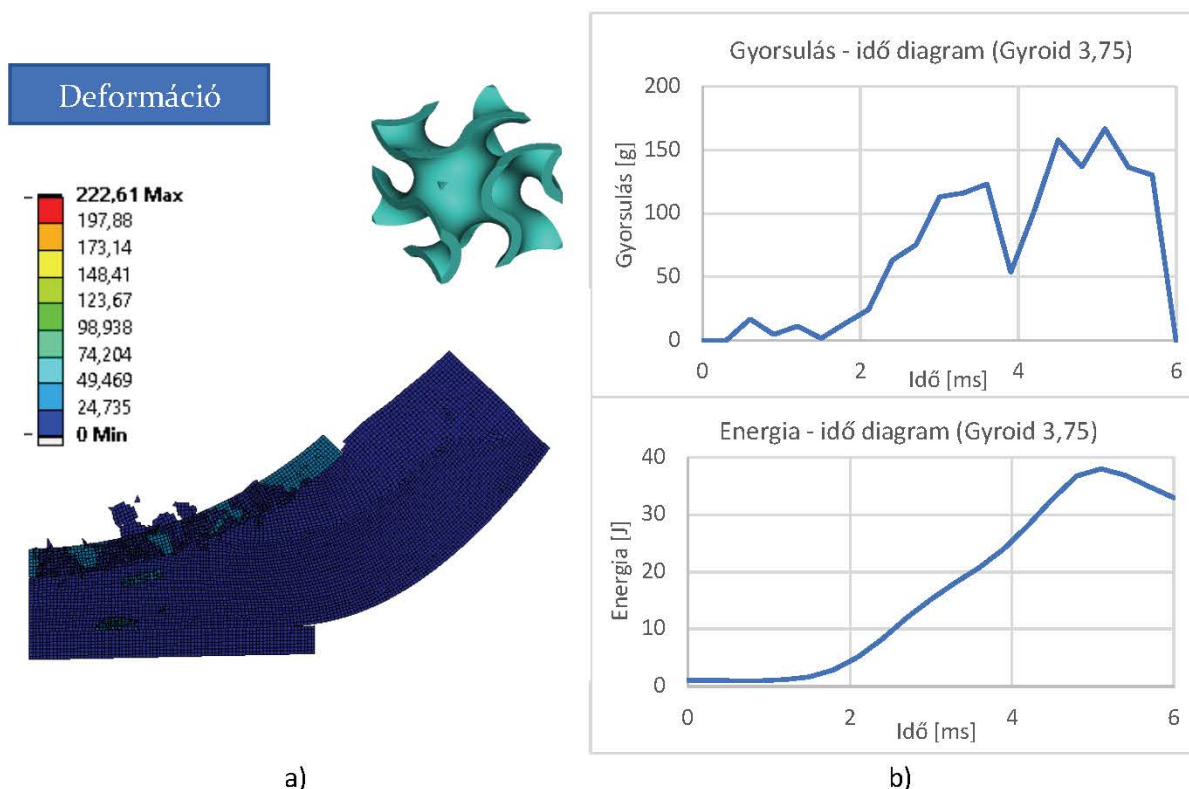
beállítva, míg az emberi test (fej) és a bukósisak belső fele között egy a valós körülményeket leíró súrlódásos kapcsolat került beállításra.

Dinamikus szimulációt, mint ahogy az a 4. ábrán is látható, kizárólag az ütközés/becsapódás előtti pillanatról indítjuk. Jelen esetben ez a minimális (0,2 mm) távolságban figyelhető meg a beton és a bukósisak között. Terhelésként a mozgó elemek kezdeti 3,75 m/s értékű sebessége jelenik meg.

## 5. EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

Az 5. ábrán egy 1 mm jellemző vastagságú 8x8x8 mm méretű Gyroid szerkezettel kitöltött bukósisak szimulációjának eredményei látható. A deformációs viselkedés a várakozásoknak megfelelően, tönkremenetellel -töréssel csillapított az ütközési energiát.

A deformációs viselkedés elemzése mellett az emberi testre ható erő, az emberi test gyorsulás (lassulás) értékei, valamint a lattice térfogat által felvett ütközési energia mentén is értékelésre kerültek az eredmények.



5. ábra. A végeleemes szimuláció eredményei, (a) a deformációs viselkedése, (b) az emberi fej gyorsulásának alakulása az idő függvényében (fent) valamint a védelmi térfogat által felvett energia alakulása szintén az idő függvényében.

A bukósisak megfelelőségének minősítése az ECE 22.05 szabványban meghatározottak alapján történik. A szabvány számos pontra kitér a biztonság tekintetében, mint a fényvisszaverés, látószög, számunkra most a gyorsulással (lassulással) kapcsolatos minősítési jelzők a mérvadók.

A szabvány szerinti minősítés a gyorsulás értékek időfüggetlen és időfüggő értelmezésében is meghatározott. A szabvány kimondja, hogy a gyorsulás nem lehet nagyobb mint 275 g, ahol  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ , a földi nehézségi gyorsulás. Az 5.b ábrán közölt eredmények alapján kijelenthető, hogy ezen peremfelételnek eleget tesz a fejlesztett bukósisak. A gyorsulás értékek időfüggő minősítése egy speciális indexet, az úgynevezett HIC indexet használjuk, mely számítása az 1-es számú függvény alapján történik.

$$HIC = \max_{t_1, t_2} \left\{ \left[ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a(t) dt \right]^{2,5} (t_2 - t_1) \right\} \quad (1)$$

A HIC index értékét elméletben az összes lehetséges tartományra meg kell határozni így végtelen értéket kapunk. Gyakorlatban csak a 3 ms vagy hosszabb tartományokra végezzük el a számítást. A kiszámított indexek maximuma a tényleges HIC index.

A tervezett bukósíkok esetében a HIC index 389,7 s g<sup>2</sup>. Az index értékét kiszámítva azt megadott minősítési táblázat alapján lehet a minősítést elvégezni. A számított érték alapján a tervezett bukósíkok az első kategóriába sorolható, azaz a baleset következtében a védtelen közúti résztvevő mindössze fejfájást vagy szédülést érezhet.

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk első felében bemutatott problémakört körbejárva kívántunk egy olyan megoldást, terméket fejleszteni, mely széleskörben, a védtelen közlekedési résztvevők nagy számára kínál innovatív védelmet.

A megoldás egy additív technológiákkal létrehozható, lattice szerkezettel, mint energiafelvevő régióval kitöltött bukósíkokban realizálódott. A szabványokban meghatározott követelményeknek eleget tevő kitöltő lattice szerkezet és paramétereinek meghatározáshoz és értékeléshez végeselemes szoftvert használva született meg az eredmény. A fejlesztés sikeresnek mondható, mivel a védtelen közúti résztvevő mindössze fejfájással terhelt egy szerencsétlen balesetet követően.

## Köszönetnyilvánítás

A 2019-1.1.1-PIACI-KFI-2019-00236 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a 2019-1.1.1-PIACI-KFI pályázati program finanszírozásában valósult meg.



AZ NKFI ALAPBÓL  
MEGVALÓSULÓ PROJEKT

## 7. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] [2018 road safety statistics: what is behind the figures? \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/transport/themes/safety/road_safety_statistics_en)
- [2] American Iron and Steel Institute; *Vehicle crashworthiness and occupant protection*.
- [3] <https://injuryfacts.nsc.org/home-and-community/safety-topics/bicycle-deaths/>
- [4] <https://www.3dnatives.com/en/3d-printed-bicycle-helmet-voronoi-190820204/>
- [5] <https://hexr.com/>
- [6] <https://www.engineering.com/story/shapeshift-3d-boosts-safety-and-performance-with-3d-printed-helmet-lining>
- [7] Jacobs Somnic and Bruce W. Jo – *Homogenization Methods of Lattice Materials* MDPI

# AUTOMATIZÁLT, HELYI ALAPANYAGOKRA ÉS MELLÉKTERMÉKEKRE ALAPOZOTT MOBIL ÉPÍTÉSZETI MEGOLDÁS KIDOLGOZÁSA A MEZŐGAZDASÁG SZÁMÁRA

## DEVELOPEMENT OF AN AUTOMATED MOBILE ARCHITECTURAL SOLUTION FOR AGRICULTURE BASED ON LOCAL RAW MATERIALS AND BY-PRODUCTS

Horváth Barnabás, Sparktech Innováció Kft. (mernok5@sparktech.hu), Dr. Máthé László,  
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (mathe.laszlo@uni-mate.hu), Dr. Rádics János Péter,  
Sparktech Innováció Kft. (mernok1@sparktech.hu)

### ABSTRACT

The article presents the development process of an automated, agricultural based solution for agriculture, based on local raw materials and by-products. The main problem with current agricultural buildings is that they are built out of materials which are produced with the exploitation of the environment. Another limiting factor is the labour shortage and the difficulty to find qualified workforce. The presence of these two factors mean that a new method of creating agricultural buildings is needed. That is why SPARKTECH Innováció Ltd. is developing a solution which relies on locally attainable soil-based materials and minimizes the required workforce for constructing a building. This project was sponsored by the National Research, Development and Innovation Office under the number 2019-1.1.1-PIACI-KFI-2019-00222. In this project a building construction robot for precision material dispensing is being developed and the perfect formula for additive building construction is also being researched. An equipment which mixes the raw materials to create the soil-based formula used for the building is also being developed. Both the construction robot and the material mixing equipment are mobile, which means that they can easily be transported to the construction location. The produced agricultural building is multifunctional as it can be used either as a storage or as a livestock building. After completion it is then fitted with various sensors to give it more functions.

### 1. BEVEZETÉS

A SPARKTECH Innováció Kft. a 2019-1.1.1-PIACI-KFI-2019-00222 azonosítójú, a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és innovációs Hivatal által támogatott projekt keretén belül mezőgazdasági használatra tervezett, helyi alapanyagokra és melléktermékekre alapozott, mobil építészeti megoldás kidolgozását végzi. A fejlesztés eredménye egy precíziós anyagkijuttatást megvalósító épület építő mobil robot, mely szintén a projekt keretén belül kifejlesztett helyi adottságokra alapozva elkészített anyag segítségével képes lenne mezőgazdasági célú épületek méretkorlát nélküli előállítására. Ehhez kapcsolódóan része a projektnek az új alapanyag gyártástechnológiájának kifejlesztése. A fejlesztett berendezés által elkészített eredménytermék egy költséghatékony, a mezőgazdaság helyi igényeinek megfelelően kialakított multifunkcionális (tároló, állattartó) épület. Az építés a kifejlesztett berendezésnek és helyi alapanyagoknak köszönhetően minimum 30%-kal lesz olcsóbb az építés, mint a hagyományos tárolóépületek esetében. Ez a költséghatékonyság az egyik legnagyobb előnye az épületnek, valamint az, hogy újrahasznosítható és környezetbarát. A kifejlesztett berendezés előnyei közé tartozik a gyorsaság és a mobilitás, azaz a helyszínre kiszállítva minimális előkészülettel, kis munkaerőszükséglettel az épület rövid időn belül felépíthető. Az elkészült épület intelligenssé tételével további funkciókkal ruházható fel, mely szintén a projekt részét képezi. Jelen publikációban röviden bemutatjuk a projekt konzorciumának tagjait, illetve kitér a különböző fejlesztési koncepciók bemutatására. A cikk részletesen foglalkozik a vályog alapú anyagokkal folytatott kísérletek eredményeinek ismertetésével.



## 2. KONZORCIUMI TAGOK BEMUTATÁSA

A konzorcium vezetője a SPARKTECH Innováció Kft. [1] mely 1994 óta működik, 2019-ben bekövetkezett jelentős bővülése óta 25 fővel. A cég tudásbázisának alapját gépjárművekkel, biztonságtechnikával és kültéri kísérletekkel kapcsolatos kutatás-fejlesztési projektek adják. A cég profiljából adódóan kiemelten fontos számára a környezetvédelem. A projekt konzorciumon belül a SPARKTECH Innováció Kft. feladata a gépészeti, építészeti és anyagkutató feladatok végrehajtása. A Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem [2] konzorciumi partnerként vesz részt a projektben. A projekt szempontjából releváns kutatási területe a mezőgazdasági gépesítést érintő fejlesztésekhez kapcsolódik. Feladata a projekten belül a laboratóriumi anyagvizsgálatok, mechanikai tesztek és minőségbiztosítási folyamatok kidolgozása.

## 3. VÁLYOGFAL NYOMTATÁSI TECHNOLÓGIA

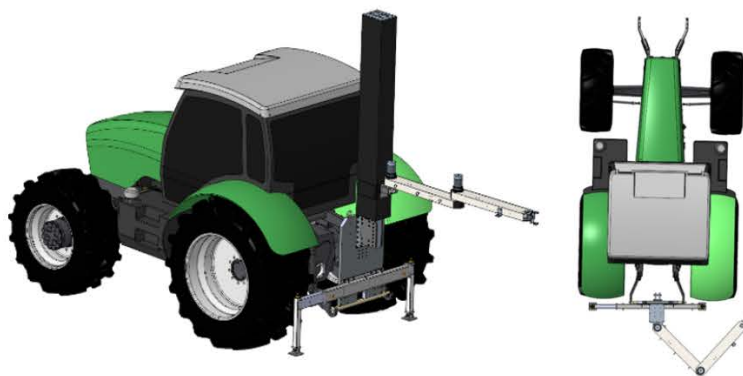
A helyi alapanyagokból előállítandó épület építésére különféle építési koncepciók kerültek kidolgozásra, ennek egyike a vályogfal nyomtatási technológia. A technológia lényege, hogy a helyi alapanyagokból előállított talaj alapú anyagot egy több irányban mozgatható kar végére szerelt extruder rétegekben teríti egymásra, így építve fel a falakat. Az építendő épület ennél a megoldásnál egyenes falakkal rendelkezik, a födém pedig nem a falak alapanyagából készül, hanem külön faszerkezet segítségével. A fő cél ebben az esetben a mai vázszerkezet konstrukciók mobillá alakítása, hogy azokat könnyen a helyszínre szállítva elvégezhető legyen a nyomtatás. Koncepcióként felmerült a vályognyomtató berendezés pókdarura vagy teherautóra történő ráépítése, azonban ezekben a megoldásokban közös, hogy az épületeket egy pontból kell nyomtatni, ami korlátozza az épület alapterületét, ahogy az az

1. ábra is látható.



1. ábra - Pókdarura szerelt nyomtató [3]

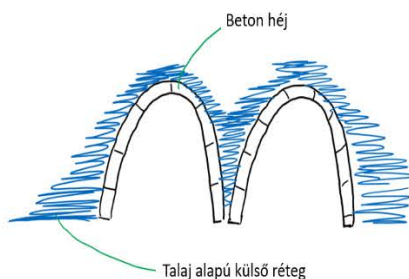
A végleges változat egy traktorra szerelhető nyomtató lett, mellyel több részletben nyomtatva a falakat tetszőleges méretű épület hozható létre. A traktort különböző pozíciókba állítva azokból a pontokból építhetők fel a falak. A nyomtató szerkezete egy a traktor hátuljára felszerelt SCARA robot, melynek végére van rögzítve az anyagkijuttatást megvalósító extruder (2. ábra).



2. ábra - Traktorra szerelt SCARA robot

#### 4. BETONHÉJJAL MEREVÍTETT LÁNCGÖRBE ALAKÚ ÉPÜLET

Ez az építési technológia a 3. fejezetben ismertetett technológiával ellentétben nem 3D nyomtatáson alapul. Az anyagkijuttatást végző robot itt egy öntőforma feltöltését végzi. A felépítendő épület láncgörbe alakú, mely kialakításnak jelentős előnyei vannak például a természetes szellőzés tekintetében. Ennek a formának statikai szilárdsága talaj alapú anyagból történő felépítés esetén a mérések alapján bizonytalan. A mérések eredményei és az engedélyeztetés várható nehézségei miatt a terveken úgy kellett módosítani, hogy a teherviselő szerkezet elfogadottabb anyaggal és technológiával épüljön fel, hiszen az épületgeometria jelentős előnyökkel bír. A megvalósítani kívánt láncgörbe alakú épület falazata ezért két részből áll. A belső héj betonívekből épül fel, ez a teherhordó rész, melyre egy talaj fedőréteg kerül, amely hőszigetelőként funkcionál (3. ábra).



3. ábra - Két rétegű, láncgörbe alakú épület [4]

A technológia alapját egy olyan öntőforma adja, melynek rádiusza változtatható, ezáltal a láncgörbe koszinusz-hiperbolikus alakjának megfelelő ívű betonelemek készíthetők.



4. ábra - Elkészült betonív

Az öntőforma kialakítása lehetővé teszi a betonelemeknek azok egymáshoz rögzítéséhez szükséges megfelelő felületek kialakítását. A teljes technológiának a pályázat követelményeivel összhangban szállíthatónak kell lennie célszerűen egy konténerben, melynek tartalmaznia kell az állítható



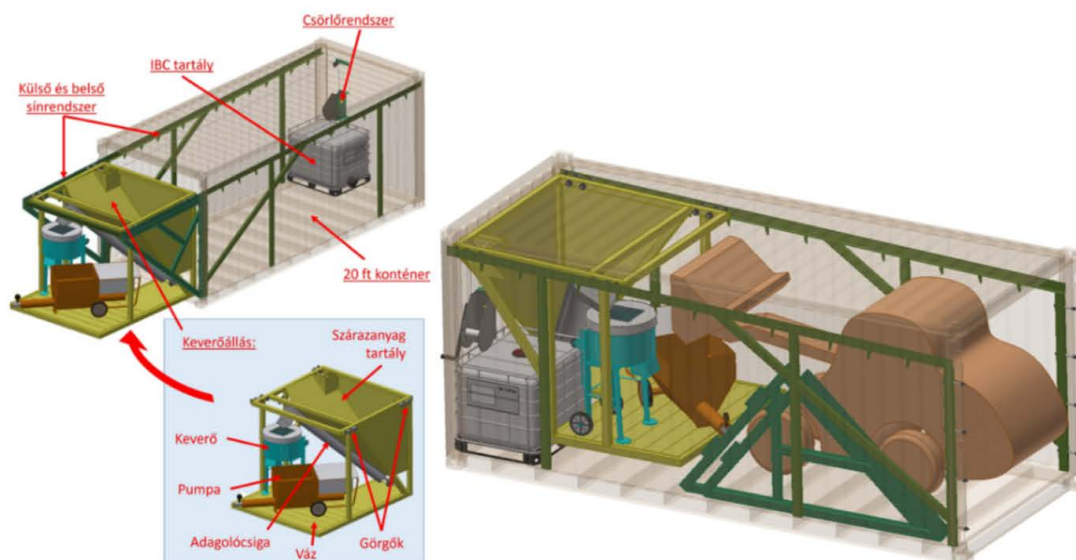
öntőformát, a formához tartozó beállító berendezést és az alapanyag előkészítő berendezést is [5]. Az öntőforma a láncgörbe alakú épület elkészítésén túl alkalmas arra is, hogy a 3. fejezetben részletezett vályogfal nyomtatási technológiával készült épület íves tetőszerkezeti betonelemeit is elkészítse (5. ábra).



5. ábra - Változtatható ívű öntőformával készült betonelemek tetőként való alkalmazása

## 5. TALAJ ALAPÚ ANYAG GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

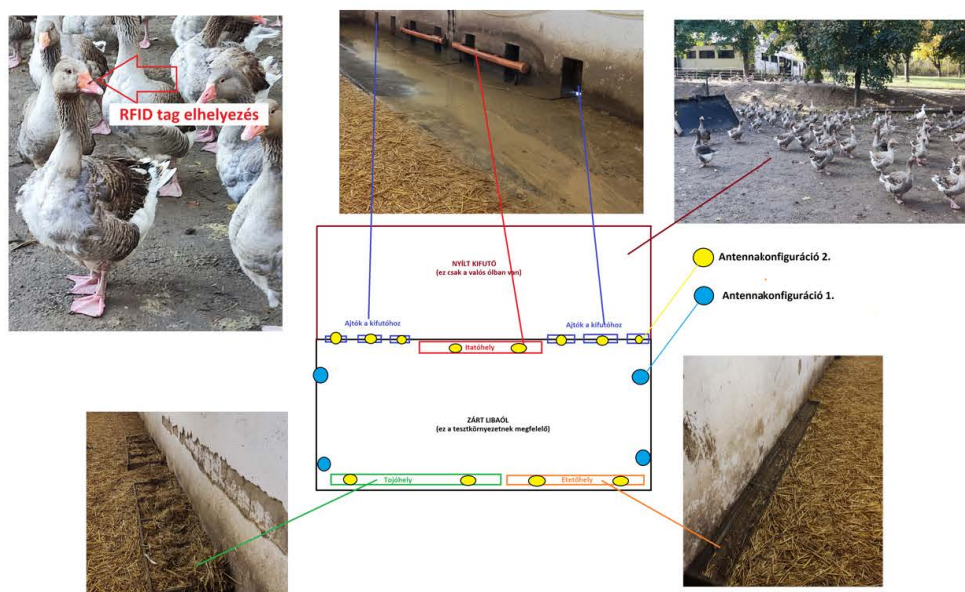
A mezőgazdasági épület felépítéséhez szükséges anyag helyi alapanyagokból készül el, emiatt az előállítása is az építés helyszínén kell, hogy megtörténjen, azaz a gyártóberendezésnek szállíthatónak kell lennie. Ez úgy valósítható meg a legegyszerűbben, ha a minden részegység egy sztenderd 20 lábas konténerben szállítható, így ezek úgy lettek megtervezve, illetve kiválasztva, hogy utóbbi követelménynek eleget tegyenek. A nyomtatási anyag elkészítéséhez szükség van vízre, helyileg kitermelt föld alapú anyagra, illetve különféle természetes eredetű erősítőként hozzáadott szálas anyagra (pl. szalma, pelyva). A víz a konténerben egy 800 literes IBC tartályban tárolható és a konténerrel együtt a helyszínre szállítható. A száraz anyag a különféle adalékokkal, szálas anyagokkal a szárazanyag tartályban keveredik össze, melynek feltöltése egy a konténer méreteit figyelembe véve megválasztott homlokrakodóval történik. A szárazanyag tartályból egy szállítócsigán keresztül az anyag a keverőbe kerül, ahol az IBC tartályból adagolt vízzel együtt addig keveredik, míg el nem éri a nyomtatáshoz szükséges konzisztenciát. A keverőből aztán az anyag közvetlenül a pumpába kerül. A pumpa egy hidraulikacsövön keresztül nyomja az anyagot a nyomtatókar végén található extruderfejbe. A szárazanyag tartály, a keverő és a pumpa egy közös vázszerkezeten foglalnak helyet, mely egy sínes pályán egy csörlő segítségével a konténerből ki-be mozgatható attól függően, hogy a berendezés használatban van-e, vagy éppen szállítják (6. ábra) [5].



6. ábra - Anyagkeverő géprendszer üzemi és szállítási állapotban [5]

## 6. AZ ÉPÜLET INTELLIGENSSE TÉTELE

A felépítendő mezőgazdasági épület tároló vagy állattartó funkcióval rendelkezhet. Állatok tartása esetén fontos lehet azok nyomon követése. A megfigyelni kívánt állatok közül a libára esett a választás, mivel méretük már megengedi, hogy azonosítóval lássák el őket. A libaállomány felmérése a MATE egyik tanüzemében, Babatpusztán történt meg. Annak érdekében, hogy a libák évente többször tojjanak, szükséges pár hónapot teljes sötétségben tölteniük. A megfigyelésük infravörös kamerával nem lehetséges, mivel látják az UV és infravörös fényt. Továbbá, mivel ez alatt az idő alatt nem lehet az állatokat megzavarni, így olyan megfigyelés szükséges, mely során az állatra helyezett nyomkövetőben nem kell elemet cserélni. Ebből kifolyólag a megfigyelés RFID technológiával valósul meg. A libák csőrén kell elhelyezni az RFID tagot, az itató-, etető- és tojóhelyeknél pedig antennákat felállítani, így az állatok ezen helyek közti mozgását becsülhetjük a beérkezett jelek közt eltelt időből (7. ábra).



## 7. AGYAG ALAPÚ ANYAGOKKAL FOLYTATOTT KÍSÉRLETEK

A projekt másik része egy új, talaj alapú anyag receptúrájának megalkotása, mely alkalmas 3D nyomtatott épületek alapanyagaként történő felhasználásra. Az alapanyagok a projekt követelményei szerint természetes eredetűek, így a kísérletek agyag és homok, illetve különböző természetes eredetű szálerősítő anyag használatával folytak. A különféle keverékek vizsgálata különböző szempontok szerint zajlott. A vizsgálatok kezdetben alapvetően a nyomtathatóság kérdése körül összpontosultak, azaz a cél olyan anyagok keverése és összeállítása volt, mely alkalmas arra, hogy a pumpán és az extruderen át kijuthasson. Ez kis szemcseméretet kívánt meg, melyre az agyag és homok keveréke volt a megfelelő. További vizsgálatok tárgyát képezte nyomtatás és a szilárdság szempontjából megfelelő konzisztencia meghatározása. A pumpa szempontjából a minél kedvezőbb eset, ha az anyag híg, ugyanis ekkor a pumpa tartályból a gravitáció segítségével áramlik a garat felé, a folyékony anyag pedig jól elterül a tartályban. Ez előnyös, ugyanis így a pumpába nehezebben jut levegő, ami szakadásmentes nyomtatást eredményez. A nedvesebb anyaggal könnyebb a nyomtatást is gyorsítani, azaz az extruderfej gyors mozgása nehezebben okoz szakadásokat az anyagban. Hátránya a túl nedves anyag használatának, hogy a szilárdsága nem megfelelő, azaz a falat egyre magasabbra nyomtatva az alsóbb rétegek az építmény saját súlya alatt összenyomódnak, így a fal kihasasodik. A túl nedves anyagból készült fal stabilitása sem megfelelő, az alsó rétegek deformációja miatt szükséges többrétegű, vagy belső merevítésekkel ellátott falat nyomtatni az összedőlés veszélyének elkerülése végett (

8. ábra). A nedves anyag legfőbb hátránya, hogy a száradás sokáig tart, eközben pedig jelentős repedésképződés figyelhető meg a rétegek közt. Ez alkalmatlanná teszi az anyagot arra, hogy falak készüljenek belőle.



8. ábra - Tiszta, nedves agyagból nyomtatott falrészlet

A hozzáadott vízmennyiség csökkentésével a rétegek szilárdsága nő, az alul elhelyezkedők kevésbé nyomódnak össze a felettük lévő súly alatt, valamint alaktartásuk is jobb lesz, így magasabb fal nyomtatható. Hátránya, hogy minél szilárdabb az anyag, annál könnyebben tud a garatnál levegőt szívni a pumpa, ami szakadásokhoz vezet a nyomtatásban. Ezért célszerű az anyagot a tartályt rezegetve folyamatosan a garat felé terelni. A frissen terített rétegek jóval repedezettebbek, mint a



nedvesebb anyaggal nyomtatott rétegeknél látható volt, azonban száradás során ezek a repedések nem terjedtek tovább, így a falrészlet egyben maradt ( 9. ábra).



9. ábra - Szárazabb, homokkal kevert agyag

Túl nagy arányban hozzáadott homok azonban növeli a száraz anyag porozitását, illetve a rétegek is könnyebben el tudnak válni egymástól száradás után, ami szintén a fal végig repedéséhez vezethet. Repedéscsökkentő és erősítő hatása van a szálanyagok agyagba keverésének. Ilyen természetes eredetű erősítőanyagok a szalma vagy a pelyva. A pelyva a homokos agyagban jól elkeveredik, a nyomtatott rétegekben alig észrevehető, köszönhetően a szálak 1 cm alatti hosszának ( 10. ábra)



10. ábra - Pelyvával és homokkal kevert agyag

A nyomtatott falrészletek belső kitöltése különféle geometriákkal előnyösen befolyásolja a falszerkezet stabilitását, azaz sokkal magasabb falrészleteket lehet nyomtatni, anélkül, hogy az összedőlné. Megfelelően száraz anyaggal és jól megválasztott belső merevítő struktúrával az extruder fúvóka átmérője csökkenthető, így vékonyabb rétegek készíthetők, ami anyagmegtakarításhoz, illetve tömegcsökkenéshez vezet. A vékonyabb rétegekből felépített fal korábban felsorolt előnyös tulajdonságai mellett esztétikusabb külsővel is rendelkezik, amely bár mezőgazdasági tárolóépületek esetében másodlagos szempont, mégis piacképesebbé teszi a terméket ( 11. ábra).



11. ábra - Alul 20 mm, felül 16 mm átmérőjű extruderfejjel nyomtatott rétegek

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

Összességében elmondható, hogy a projekt keretében megvalósuló talaj alapú alapanyagból dolgozó mobil épületnyomtató robot, valamint a hozzá kapcsolódó berendezések egy innovatív, a mezőgazdaságban eddig még sehol nem alkalmazott költséghatékony megoldást nyújtanak. Az elkészült épület intelligenssé tételével az további, korábban nem alkalmazott funkciókkal is ellátható. Az agyag alapú anyagokkal folytatott kísérletek pedig biztosítják, hogy az építés szempontjából a legmegfelelőbb anyag kerüljön felhasználásra.

## 7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A jelen publikáció létrejötté a 2019-1.1.1-PIACI-KFI-2019-00222 számú projekt keretében, a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatással valósult meg.

## 8. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] [www.sparktech.hu](http://www.sparktech.hu)
- [2] [uni-mate.hu](http://uni-mate.hu)
- [3] [en.constructions-3d.com](http://en.constructions-3d.com)
- [4] Dr. Kotroc K., Széles L, Dr. Rádics J. P.: Épületnyomtató – Jelentés az aktuális állapotról, 2021.06.25.
- [5] Dr. Kotroc K., Dr. Oldal I., Dr. Rádics J. P.: Automatizált, helyi alapanyagokra és melléktermékekre alapozott, mobil építészeti megoldások a mezőgazdaság számára – Mérföldkő: 3. – Feladat megnevezése: Prototípus teszt, összetett rendszerteszt, technológia rendszer véglegesítés – Feladat sorszáma: 17, Verpelét 2021

# NAGY MOBILITÁSÚ, KÖRNYEZETTUDATOS BETONGYÁRTÓ RENDSZER FEJLESZTÉSE

## DEVELOPING A HIGHLY MOBILE, ENVIRONMENTAL FRIENDLY CONCRETE PRODUCTION SYSTEM

Szamosi Péter, CE-Dynamic Kft. (sales1@caseepitogepek.hu), Nagy András, ÉPGÉPSZERVIZ Kft.  
(andras.nagy@epgepszerviz.hu), Dr. Rádics János Péter,  
BME, Gépészmérnöki Kar, Gép- és Terméktervezés Tanszék (radics.janos@gt3.bme.hu)

### ABSTRACT

In the project KFI\_16-1-2017-0519, the consortium of CE-Dynamic Ltd. and ÉPGÉPSzerviz Ltd. developed an innovative supermobile concrete mixing system. The equipment created in the project can be set up and commissioned anywhere in as little as two days by a skilled team. The two main parts of the machine, the batching, weighing of the raw material and the mixing unit, can be moved between the set-up points by two semi-trailers. In case of frequent relocation, a hydraulic leg system has also been developed allowing set-up with less servicing machinery. Thanks to the aggregate operation, no utilities are required and only the raw materials for concrete production must be delivered to site. The machine is fitted with a soundproof enclosure as standard, which has the advantage of allowing operation close to residential areas with minimal noise and very low dust emissions. If year-round operation is required, the machine can be supplied with an optional winterisation enclosure, which in addition to sound and dust insulation, provides greater thermal insulation, allowing the machine to be kept above freezing point with less energy. In the development of the thermal and acoustic enclosures, the choice of panels and the design of the frame structure is based on an experimental development using the machine's own noise sources to determine the design and select the materials to be incorporated.

The operation is carried out through a specific control software developed for the machine, which, in addition to monitoring the entire machine, allows the recording of the mixing operations carried out and planned, as well as the mixing recipes. Four fractions of raw materials can be prepared in the batching tanks, which are fed by pneumatic working cylinders. The dosing is carried out by the machine on a conveyor suspended on the weighing cells and, when the correct quantity is available, the raw material is fed into the mixer by the conveyor of the mixing unit. The weighing units for cement, water and additives are located above the twin-rotor mixer, from which the correct quantity is fed directly into the mixer. The choice of materials for the wear parts of the mixer is the result of an experimental development in which the choice of wear materials was optimised in terms of wear, spare part cost and energy saving by testing conventional wear materials and modern composite inserts. The experimental development of the equipment was carried out in the project's own laboratory, using state-of-the-art measuring equipment to test the concrete products produced and validate the finished products.

### 1. BEVEZETÉS

A projekt létjogosultságát a Közép-Kelet európai régióban egyre inkább élénkülő építőipari beruházások alapozták meg. A régió országaiban folyamatos stabil növekedést produkálnak az infrastrukturális- építőipari beruházások, melyeket a jelenlegi betongyártó kapacitások szűkösen tudnak kiszolgálni, és ez a tényező veszélyeztetheti bizonyos beruházások megvalósítását. Cégünk több éve tevékenykedik a gazdaság ezen területén és a jelenlegi ügyfélkörünkben is felmerültek már igények egy olyan berendezésre, amely konstans magas minőségű betonnal tudja ellátni az építkezéseket, és könnyen telepíthető a beruházási helyszínek között.



A KFI\_16-1-2017-0519 projekt célja egy olyan nagy mobilitású, környezettudatos és energiahatékony betongyártó technológia kifejlesztése volt, mely ötvözi a nagyüzemi betongyártás minőségét és teljesítményét egy nagy mobilitású moduláris rendszer rugalmasságával a lehető legmagasabb szintű környezeti tudatosság és energia hatékonyság érdekében. A technológia fő előnyei a piacon megtalálható berendezésekhez képest:

- Nagy fokú mobilitás. A kifejlesztésre kerülő technológia esetében a fő szempont, hogy elkerüljük a daruzással járó idő, energia és költségráfordítást.
- Magas minőségű beépített anyagok a hosszabb élettartam és az alacsony karbantartási költségek érdekében, még hatékonyabban tudjon üzemelni a technológia.
- Energia hatékony, környezettudatos működés. A környezetbarát működést hang-, hő-, és porszigetelő burkolatokkal valósítjuk meg, ezáltal jelentősen csökken az alapanyagvesztés, és a rendszer környezetterhelése.

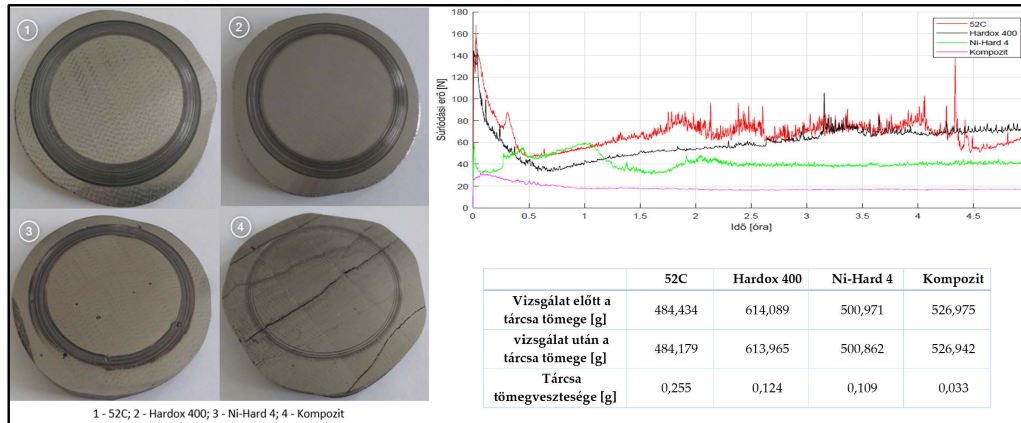
A berendezés tervezése során különös figyelmet fordítunk az úirahasznosított alapanyagok felhasználására, valamint a beépítésre kerülő kopó alkatrészek újrahasznosíthatóságára.

A projekt célkitűzései között szerepelt továbbá a magas fokú automatizálás, amely az építőipar egyik legsúlyosabb problémája az egyre fokozódó szakemberhiány miatt fogalmazódott meg.

## 2. EREDMÉNYEK

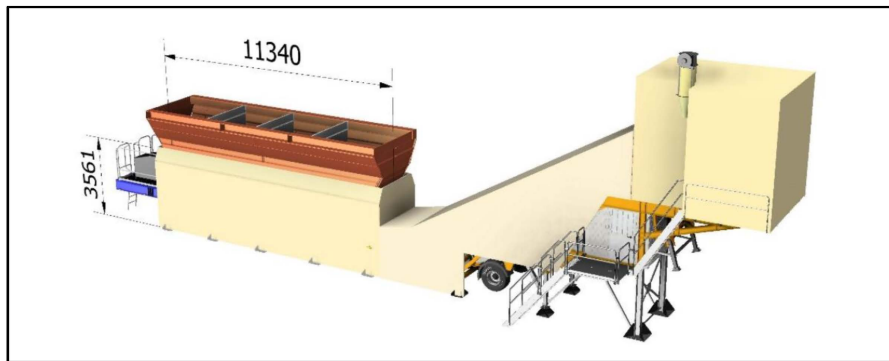
A nagy mobilitású, környezettudatos és energiahatékony betongyártó technológiai rendszer fejlesztése három nagy mérföldkőre épült. Az első az alapismeretek ipari kutatás keretében történő megszerzése volt, majd a kísérleti fejlesztés keretében történt a berendezés fő koncepciójának kidolgozása a részegységeinek és vezérlőrendszerének részlettervezése, majd újabb kísérleti fejlesztési mérföldkőben történt meg a berendezés prototípusának legyártása és tesztelése.

A projekt ipari kutatási résznek egyik legfontosabb feladata volt a berendezés árában viszonylag nagy költséghányadot képviselő kopóanyagok vizsgálata, amely során a különböző minőségi szintű és beszerzési árú kopóanyagok összehasonlítását végeztük el.



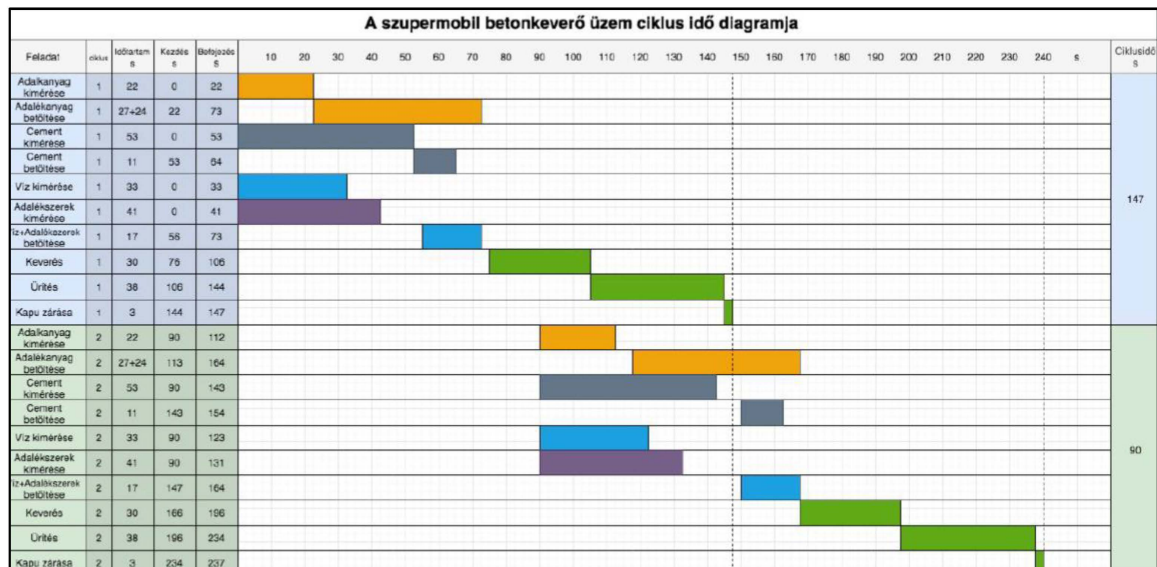
1. ábra: A kopóanyag vizsgálatok részeredményei

A környezetterhelés csökkentése érdekében további fontos kutatási feladat volt a berendezés porterhelésének csökkentését és ezzel együtt kiemelten a hangszigetelését ellátó burkolatok vizsgálata, mivel a gyors telepíthetőség, a kis helyigény lehetővé teszi a lakott területek közeli elhelyezést is. A vizsgálat során több típusú anyag vizsgálatára került sor, amelyek segítségével lehetőség nyílt a megfelelő burkolóanyag kiválasztására. A kísérleti fejlesztés fázisában sor került a piaci igények felmérése mellett a konkurens termékek marketing célú és valós előnnyel bíró tulajdonságainak összehasonlítására, valamint a piaci rések feltárására. Emellett felmérésre kerültek a rendelkezésre álló kereskedelemben kapható részegységek, és ezek adaptálhatóságának, módosíthatóságának lehetőségei. A megfogalmazott irányelvek mentén sor került a berendezés koncepciójának kidolgozására, amellyel párhuzamosan az egyedi vezérlés fejlesztése is eljutott a rendszertervekig és a koncepcionális fázisig.



2. ábra: A berendezés koncepcionális modellje

A kísérleti fejlesztési fázisok legfőbb feladatai voltak a supermobil betongyártó berendezés elemeinek legyártása és összeszerelése, valamint az elektromos rendszer, a vezérlés kidolgozása és a hő-és hangszigetelő burkolat kifejlesztése és legyártása. A berendezés gyártásának első nagy lépése a keverőegység koncepciójának megvalósulása volt. Ez a gyártott és gyártatott alkatrészek mellett egy sor kereskedelemben vásárolt részegység precíz összehangolását igényelte. Így a berendezésbe egy kétrotoros keverőt, cement, víz és adalékanyag adagolórendszer került betervezésre. A fejlesztési fázis másik fontos feladata volt az alapanyag tároló-, és továbbító berendezés kidolgozása. A fejlesztett részegységek között, kisebb feladatot jelentettek a cementsilók, a cementcsigák, a kompresszor működtetés pneumatikus levegőellátó rendszer kidolgozása. A prototípus fő részegységek kidolgozásával és legyártásával párhuzamosan folyt a gép elektromos rendszerének tervezése, valamint a vezérléstechnika véglegesítése, programozása és a vezérlőszoftver kifejlesztése.



3. ábra: A vezérlés ciklus-idő diagramja

A végleges dokumentációk alapján kezdődött meg a prototípus berendezéshez szükséges anyagok beszerzése, valamint az egyes részegységek legyártása. Ezt követően pedig a supermobil betonkeverő részegységeinek végszerelését, majd a gép telepítését végeztük el. A keverő és adagoló egység mellett a gép működéséhez szükséges cementsiló, valamint az ezeket összekötő cementszállító csiga is telepítésre került. A projekt végső feladatainak egyike volt a hő- és hangszigetelő burkolat kifejlesztése, legyártása, valamint a telepített gépen történő felszerelése.





4. ábra: A megvalósult berendezés

A kísérleti fejlesztés fontos mérföldköve volt a berendezés végtermékeinek vizsgálatára lehetőséget adó labor felszerelése és a laboreszközök működtetéséhez szükséges know-how kidolgozása. Szakirodalmak és szabványok alapján dolgoztuk ki a mérési jegyzőkönyv mintákat, és állítottunk össze ismeretanyagot a mérésekhez. Ezek alapján elvégeztük a próbakeverések során gyártott betontermékek minőségi vizsgálatát is.



5. ábra: A késztermék vizsgálat berendezései

### 3. PIACI HASZNOSULÁS

Az előzetes felmérésekhez hasonlóan, a projekten belül kifejlesztett berendezésre komoly piaci igény mutatkozik. A gyors áttelepíthetőség lehetőséget biztosít arra, hogy az építőipari kivitelezők jelentősen le tudják csökkenteni a fuvar költségeket, mivel a beton előállítás a felhasználás helyéhez jóval közelebb történhet. Ezzel nemcsak üzemanyagköltség spórolható, hanem a beton szállítására alkalmas speciális mixerkocsikból is kevesebbet kell üzemben tartani, és inkább az általános szállítási célokra alkalmas tehergépjárművekre van szükség, amelyekkel más feladatok is végezhetők. Így az építőipari projekteknél a munkavállalók száma nem változik, viszont az általánosabb célú gépek miatt hosszabb ideig állományban tarthatók. A konzorciumi partnerek a projekt során kiválóan együtt tudtak dolgozni, és a gép gyártásához, telepítéséhez szükséges munkamegosztás kialakult. Így a jövőben telepítendő gépek esetében rutinosan lehet majd elvégezni a gyártási feladatokról kezdve a karbantartási-szervizelési munkákat. A projektben megvalósult gép mindkét cégnek jelentősen bővíti a portfólióját. A korábbi gyártási-értékesítési portfólió pedig várhatóan nem változik. Ezzel az értékesítés felfutását követően meg fog növekedni a cégek munkaerő igénye, amely mind a gyártásban, mind a szerelés-karbantartásban, mind pedig az értékesítési vonalon meg fog jelenni. A jelenlegi értékesítési láncot a jövőben az alaptermék értékesítési hálózat bővítésével ki kívánjuk terjeszteni külföldre. Első lépésben a környező országok felé kívánunk nyitni. Jelenleg a külföldi kereskedelmi partnerek igényfelmérése

van folyamatban. A hazai és külföldi igények pontos ismeretében, illetve a megrendelések beérkezését követően történik meg a projekt folytatásához szükséges új munkatársak igényének pontos meghatározása és az állomány bővítése. A projekt során felmerült a berendezés bérbeadásának lehetősége is, hiszen kisebb projektek esetén a felhasználás helyéhez közel telepített keverőberendezés bérlésének lehetősége komoly lehetőséget jelent új értékesítési csatornák megnyitására. Természetesen ez az üzleti konstrukció komoly kockázatokkal jár, de amennyiben a piacfelmérés igényt jelez, a nagyobb megtérülés miatt a jövőben felkerülhet a cégek portfóliójára. A projekt keretében megvalósult, a beton alapanyagok és betontermékek vizsgálatára alkalmas laborban pedig a jövőbeni cél az ISO minősítés és az akkreditált labor minősítés megszerzése. Ezt követően mind a jövőbeni gépvásárló partnerek, mind pedig az építőipar számára tudunk majd bevizsgálási szolgáltatást nyújtani.

#### 4. ÖSSZEFOGLALÁS, KÖVETKEZTETÉSEK

A KFI\_16-1-2017-0519 számú projektben a CE-Dynamic Kft. és az ÉPGÉPSzerviz Kft. alkotta konzorcium egy innovatív supermobil betonkeverő rendszert fejlesztett ki. A projekt keretében létrehozott berendezés gyakorlott csapattal akár két nap alatt is bárhol felállítható és üzembe helyezhető. A gép két fő része az alapanyag tárolására, mérlegelésére és továbbítására szolgáló soradagoló, valamint az adalékolást, keverést és kiadagolást végző keverő egység, két nyerges vontatóval mozgatható a felállítási pontok között. A gyakori áttelepítés igénye esetén, a felállítást segítő, hidraulikus lábrendszer is kifejlesztésre került, amelynek köszönhetően alacsonyabb kiszolgáló gépigénnyel történhet a felállítás. Az aggregátoros működtetésnek köszönhetően kiépített közművekre nincs szükség, a betongyártáshoz szükséges alapanyagok a helyszínre szállíthatók. A gép alapkivitelben hangszigetelő burkolattal van ellátva, amely előnye, hogy lakott területhez közel is minimális zajterheléssel, és nagyon mérsékelt porterheléssel üzemeltethető. Az egész éves üzemeltetés igénye esetén, a berendezéshez opcionális elemként téliesítő burkolat is szállítható, amely a hang- és porszigetelés mellett nagyobb hőszigetelő képességgel rendelkezik, így a berendezés fagypont felett tartása kisebb energiával megoldható. A hő- és hangszigetelő burkolatok fejlesztése során, a panelek kiválasztása olyan kísérleti fejlesztésen alapszik, amely során a gép saját zajforrásainak használatával történt a kialakítás meghatározása és a beépített alapanyagok kiválasztása.

Az üzemeltetés külön a berendezéshez fejlesztett egyedi vezérlőszoftveren keresztül történik, amely a teljes berendezés felügyelete mellett, lehetőséget biztosít az elvégzett és tervezett keverések és a keverékreceptek nyilvántartására is. A soradagoló tartályaiban négy alapanyag frakció készíthető be, amely adagolása pneumatikus munkahengerek segítségével történik. A kiadagolást a mérlegcellákon függő szállítószalagra végzi a gép, majd a megfelelő mennyiség esetén az alapanyag keverőbe juttatása a keverőegység szállítószalagjával történik. A kétrótoros keverő felett található a cement, a víz és az adalékanyag mérlegelő egységei, amelyekből a megfelelő mennyiség közvetlenül a keverőbe jut. A keverő kopóalkatrészeinek anyagválasztása kísérleti fejlesztése eredménye, amely során a hagyományos kopóanyagok és a modern kompozit betétek vizsgálatával optimalizáltuk a kopás, a pótalkatrész költség, valamint az energiatakarékosság szempontjából a kiválasztott kopóanyagokat. A berendezés kísérleti fejlesztése során, a projekt keretében megvalósult saját laborban, a legmodernebb mérőeszközök segítségével végeztük el az előállított betontermékek vizsgálatát, valamint a késztermékek validálását.

#### 5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A fentiekben bemutatott KFI\_16-1-2017-0519 számú projekt a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatással valósult meg.



# AUXETIKUS ANYAGOK VIZSGÁLATA HATÉKONYABB ENERGIAFELVEVŐ KÉPESSÉG ÉRDEKÉBEN

## TESTING AUXETIC STRUCTURES FOR MORE EFFICIENT ENERGY ABSORPTION

Szalai Marcell, szalaimarcell97@gmail.com; Széles Levente, PhD hallgató  
szeles.levente@ebkhungary.com; Kőfalvi Tamás, kofalvi.tamas@ebkhungary.com

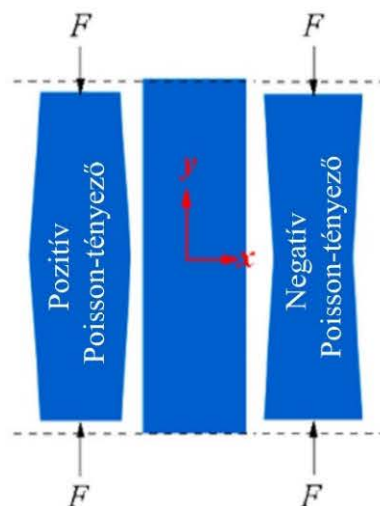
### ABSTRACT

Energy-absorbing elements are present in many aspects of our lives, serving our security. Auxetic structures are particularly suitable for this purpose. This is also supported by the measurements taken in this research. The results show that the concave arrowhead structure has a high energy absorption capacity, and its development is therefore justified.

### 1. BEVEZETÉS

Az energiaelnyelés funkcióját betöltő elemek a mindennapi életünk sok szegmensében jelen vannak. A játszóterek burkolata, a sport védőfelszerelések vagy éppen a gépjárművek utasvédelmi elemei hasonló feladatot látnak. Ezek biztonságunkat szolgálják, ezért kiemelten fontos fejlesztésük. Ezen cikkben bemutatott kutatás célja, hogy hatékonyabban működő, struktúrát találjon, nagy energiafelvevő képességgel kompakt méret mellett.

Az elmúlt években jelentős figyelmet kaptak az auxetikus anyagok, melyek fő különlegessége, hogy negatív Poisson-tényezővel rendelkeznek, és kiemelkedő az energiafelvevő képességük. A józanész azt diktálja, mivel a legtöbb anyag Poisson-tényezője pozitív, hogy axiális nyomóterhelés esetén, nő a keresztirányú méret. Ahogy az 1. ábra is szemlélteti, ez a negatív Poisson-tényezőjű anyagoknál pont fordítva van.



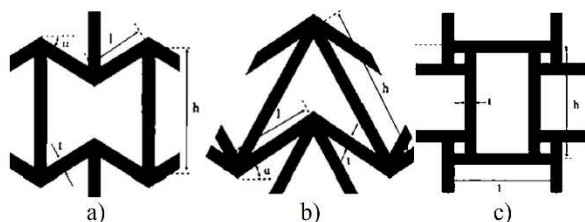
1. ábra. A pozitív és a negatív Poisson-tényező összehasonlítása (nyomás esetén)

Ez a tulajdonság előnyös, hiszen terhelés hatásra összehúzódóan viselkednek, ezzel pedig méretük csökken. Megjegyzendő, hogy az auxetikus anyagok fogalma összetett, nem egy konkrét anyagfajtát jelöl, hanem komplett szerkezeteket. Pár természetes anyagot leszámítva metaanyagok, melyek tulajdonságait nem (csak) az alkotó anyag fizikai tulajdonságai, hanem a geometriai szerkezet adja.

A különleges térfogat kitöltés rácsos szerkezetű struktúrákkal valósulhat meg, ezáltal a felhasználási területek tágra bővülnek. Al-Fatlawi és társai például méhsejt-magot vizsgáltak, hogy erősebb és könnyebb kompozit padlólemez készítsenek helikopterekhez [1].

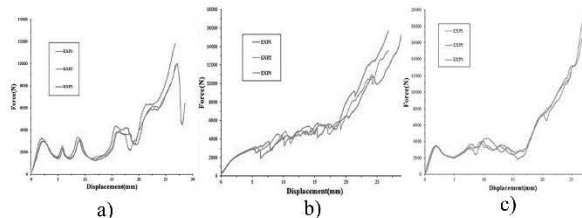
Hasonlóan kiemelkedő teljesítmény nyújtanak az auxetikus anyagok az energiafelvétel terén, ezért sok kutatás alapját képezik. Li és társai a polikristályos anyag mintájára, „polikristályos” rácsszerkezet vizsgálata során arra jutottak, hogy az eltérő orientációjú szegmensek, valamint az elemméret növelése is növeli a rendszer energia felvevő képességét [2].

Más kutatók a 2. ábrán látható három auxetikus viselkedésű struktúrát vizsgálták [3]. Acél tárcsát rájuk ejtve végeztek alacsony sebességű dinamikus terhelési vizsgálatot, ahol a négyzetes anti-tetra királis és a homorú nyílfej struktúrát mutattak nagy energiafelvevő képességet.



2. ábra. Három összehasonlított struktúra típus: függőleges auxetikus méhsejt (a), homorú nyílfej (b) és négyzetes anti-tetra királis (c) [3]

A szerkezeteket alávetették hagyományos, egytengelyű nyomóvizsgálatnak is, vagyis zömítették őket, az eredmények erő-elmozdulás diagramban a 3. ábrán is láthatók. Megfigyelhető mindhárom rácsszerkezet típusnál a kezdeti lineáris rugalmas szakasz, majd a homorú nyílfej alakú struktúra adja a legegyenletesebb, leginkább kiszámítható görbét. Ez rugalmas állapotban is jelentős mértékű energiafelvételre képes, kétszer akkora, mint a függőleges auxetikus méhsejt struktúra.

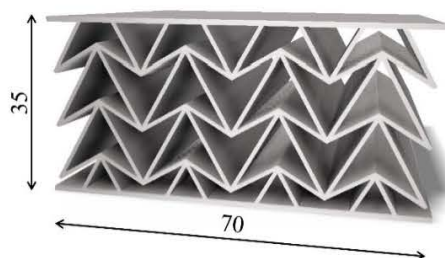


3. ábra. Zömítő erő-elmozdulás görbék: függőleges auxetikus méhsejt (a), homorú nyílfej (b) és négyzetes anti-tetra királis (c) [3]

A kétféle vizsgálat eredményeképpen elmondható, hogy a homorú nyílfej alakú struktúra mind a rugalmas, mind a maradó alakváltozás tartományában rendelkezik energiafelvevő képességgel. Ez alapján a kutatás során ez a rácsszerkezet típus lett kiválasztva a mérésekkel kiegészített továbbfejlesztéshez.

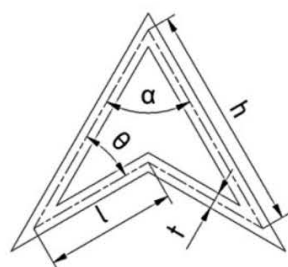
## 2. ANYAG ÉS MÓDSZER

A kiválasztott homorú nyílfej alakú rácsszerkezet típusból egy felső és egy alsó lap által határolt 70x70x35 mm méretű vizsgálati térrészben helyeztünk el többet egymás mellett. Minimális mértékű eltérést megengedve a magasságban, az elemi cellák geometriai méreteitől függően. Az összehasonlításra került mérések mindig azonos magasságú mintadarabokon kerültek elvégzésre. A 4. ábrán látható az egyik mintadarab CAD modellje, a mélységi méret minden esetben 70 mm volt. Ebben az irányban végig azonos a keresztmetszet, de rendelkeznek 3 dimenziós kiterjedéssel, ezért lényegében tekinthetők köztesként, 2,5 dimenziósnak is.



4. ábra. Egy mintadarab 3D CAD modellje

A mintadarabok azonos geometriai séma alapján készültek, amely a homorú nyíl alakját adja ki. Az elemi geometria darabot leíró paraméterek az 5. ábrán kerültek szemléltetésre. Egész és fél elemi geometriák töltik ki a vizsgálati térrészt, amelyet az 1-1 mm-es alsó és felső lap fog közre.



5. ábra. Az elemi geometriát leíró paraméterek

Különböző értékekre beállított paraméterek mellett készült el hat mintadarab, melyek egyes főbb fizikai jellemzőit az 1. táblázat tartalmazza. Látható, hogy bizonyos értékek minden mintadarab esetében megegyeznek, másiak (mint a magasság vagy a szélesség) pedig csak minimálisan térnek el. A paraméterek megválasztásakor direkt készültek olyanok, amelyekkel az elemszám hatása vizsgálható. Ezért van összesen 30, illetve összesen 16 elemi ráccsal rendelkező minta is, ezek tömege megegyező. Valamint vannak olyan minták, amelyek csak a  $t$  vastagsági méretben térnek el, így ennek hatása is vizsgálható. Látható, hogy ezek függvényében az egyes geometriai méret vagy éppen a tömeg értéke változhat.

1. táblázat. A mintadarabok fizikai paraméterei

Hatás elemzés:	Elemszám		Névleges vastagság			
Minta sorszáma	130	131	132	133	134	135
Magasság [mm]	36	38	35	35	35	35
Szélesség [mm]	66,8	70	72,8	73,0	72,6	72,5
Mélység [mm]	70					
Tömeg [g] (PA 6)	57,9	57,9	53,6	63,3	43,6	39,6
Elemszám [db]	30	16	12	12	12	12
$h$ [mm]	11	16	18	18	18	18
$l$ [mm]	6,35	9,24	10,4	10,4	10,4	10,4
$\alpha$ [°]	60					
$\theta$ [°]	30					



t [mm]	0,6	0,8	0,8	1	0,6	0,5
--------	-----	-----	-----	---	-----	-----

A mérésekhez a mintadarabok additív gyártástechnológiával készültek el. Porágyas nyomtatási technológiát alkalmazva, HP MJF 4200 típusú nyomtatóval. A kinyomtatott darabokat kiemeltük a berendezésből, majd eltávolítottuk róluk a port, sűrített levegővel és homokszórással megtisztítottuk őket. A nyomtatáshoz felhasznált alapanyag PA 6, amely főbb tulajdonságait a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat. A használt PA6 anyag tulajdonságai

Mennyiség [mértékegység]	Érték
Sűrűség [kg/m <sup>3</sup> ]	1130
Szakítószilárdság [MPa]	48
Poisson-tényező [-]	0,39
Rugalmassági modulus [MPa]	1800

Az elkészült mintadarabokat ezután egy Kinsgeo KJ-1066 asztali típusú szakítószilárdság mérő gépbe helyeztük. A gép két pofájára acéllemezek kerültek, ezek között volt a mintadarabok helye, ezt mutatja be a 6. ábra. A felső lemez 2490 grammos tömege így plusz terhelésként jelentkezett, ezért a mért erő értékeket 25 N-nal korrigáltuk (csökkentettük).



6. ábra. Mintadarab a Kinsgeo KJ-1066 szakítógép nyomólapjai közé téve

A szakítógépet nyomó üzemmódban használtuk. Maximálisan 5000 N erő kifejtésére és mérésére képes, így a mérési határt itt húztuk meg. Ezzel a mérési összeállítás alkalmas volt, hogy a struktúrák minősítésére zömítéseket hajtsunk végre. Vagyis nyomóterhelés mellett tönkremenetelig vizsgáljuk a mintadarabokat, miközben az összetartozó erő és az elmozdulás értékek regisztrálásra kerültek.

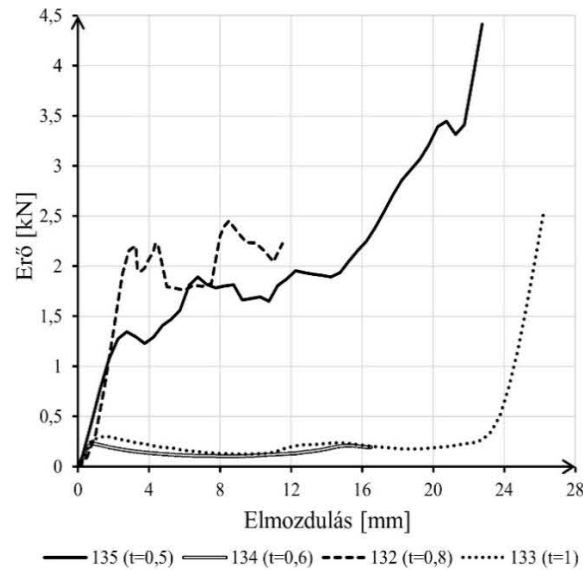
### 3. EREDMÉNYEK

A különböző paraméterekkel rendelkező mintadarabokon elvégzett zömítőtesztek eredményeképpen erő-elmozdulás görbék születtek, amelyek jól vizsgálható kvalitatív módon a karakterisztika, illetve a rácsszerkezet viselkedését jellemző mennyiségek kvantitatív módon.

Ezek kiértékelésekor szükség volt nullpont eltolás alkalmazására, mivel a görbék nem nulla elmozdulásnál indultak. A kezdeti nullpont eltérés az érintés vétel pillanatáig eltelt időt/elmozdulást



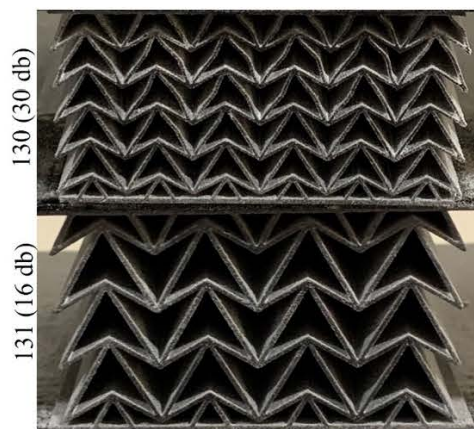
jelenti, a darabokat nem akartuk előterhelni. Az így kapott görbék láthatók az 7. ábrán, egy diagramban ábrázolva, a  $t$  vastagság hatásának vizsgálatához készült minták esetén.



7. ábra. A korrigált erő-elmozdulás görbék, a  $t$  hatásának vizsgálatához készült minták esetén

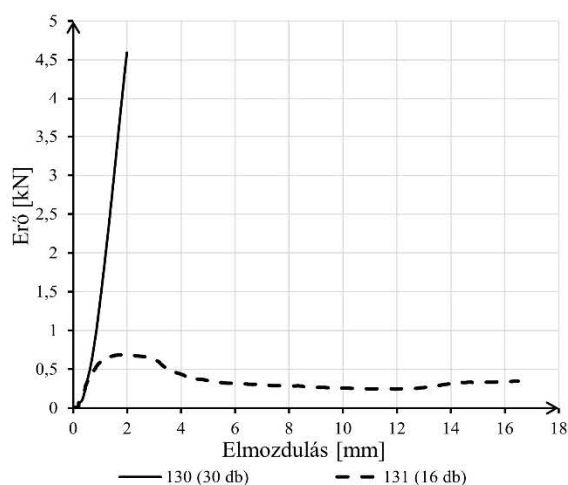
Ez alapján elmondható, hogy az erőfelvétel közel egyformán történik meg az összes mintadarab esetében. A görbék kezdeti meredeksége hasonló, amely a kezdeti rugalmassági modulus hasonlóságára enged következtetni. A terhelés felvételekor a mintadarabok egyforma viselkedést mutatnak, amely megegyezik a Najafi és társai által tapasztalt kezdeti lineáris rugalmas szakasz [3] jelenlétével.

A mintadarabok közül a 132, 133, 134 és 135 jelű úgy készült, hogy csak a  $t$  vastagság méret értékében volt eltérés, ami lehetővé teszi ezen érték hatásának a vizsgálatát. Az erő-elmozdulás görbék maximumát nézve, látható, hogy a vastagság növelése a maximális erő növekedését okozza, amely megfelel az elvárásainknak, mivel a vastagság növelése merevebb szerkezetet eredményez. Azonban megjegyzendő, hogy a 135 jelű minta kiugró eredményt ad, amely 0,5 mm-es  $t$  vastagsággal rendelkezik mégis megközelítette a 132 jelű, 0,8 mm-es vastag minta görbáját. Ennek oka az, hogy a szerkezet instabilan viselkedett, nem ridegen tört, az alkotó régiók egymásra felfeküdtek, így több energiát tudott felvenni. Az eredményt leszámítva a kimenetel nem előnyös, mivel a cél kiszámítható, tervezhető viselkedésű rács-szerkezetek megalkotása, a kihajlás jelensége viszont nem kiszámítható.



8. ábra. Az elemszám hatásának vizsgálatára használt 130 és 131 jelű minta, zárójelben az elemi rácsok számával

A 130 és 131 jelű minták hasonló geometriájúak, a számottevő különbség az elemszámban van, ahogy az a 8. ábrán is látható. Az erő-elmozdulás görbéikben, a 9. ábra szerint, nagy eltérés volt tapasztalható, a nagyobb elemszámú minta (130) mereven viselkedett, ez a több részt vevő merevítő falnak tudható be, inkább törések következtek be, mint deformációk.



9. ábra. Az erő-elmozdulás görbék az elemszám hatásának vizsgálatához készült minták esetén

Kis elemszám esetén (131) a nagyobb méretű rácselemek folyamatosan deformálódtak, így tudott a minta tartósan több energiát elnyelni. Ez egybevág Li és társai észrevételével, miszerint az elemméret növelésével nő a rendszer energia felvevő képessége [2], hiszen azonos méret esetén a növekvő elemméret kisebb elemszám mellett valósul meg.

A minták által felvett energia kiszámolható az erő-elmozdulás diagrammon a görbe alatti területből, mivel az megegyezik a zömítéshez befektetett munkával.

3. táblázat. Az erő-elmozdulás diagram görbe alatti területeiből számolt elnyelt energia az egyes minták esetében 11,5 mm-ig kiértékelve

Minta sorszáma	130	131	132	133	134	135
Elnyelt energia [J]	10,0	4,4	20,3	2,2	1,5	17,7

Megjegyzendő, hogy az energiák nem a teljes szakaszon, hanem csak 11,5 mm-ig lettek összegezve, hogy azonos szintig vizsgálhassuk őket. Az így kapott, egyes mintákhoz tartozó eredményeket az 3. táblázat tartalmazza.

Általánosan elmondható, hogy a vastagabb minták adják a jobb eredményt, azonban már ennyi mérésből is látszik, hogy vannak eltérő esetek. Összegzésükként elmondható, hogy a minták között volt olyan, amely jó, az elvárásoknak megfelelő eredményt adott. Jó kilátásokat mutatva mind a karakterisztika, mind a felvett energia terén.

#### 4. ÖSSZEFOGLALÁS

A kutatás alátámasztja, hogy érdemes az auxetikus struktúrákat alkalmazni energiatároló végző alkatrészek esetén. A homorú nyílfej struktúrában sikerült olyan geometriát találni, mely viselkedése kedvező, megfelelő paraméterbeállítások esetén jól beállítható. Nagymértékű, hatékony energiatároló képességét a mérések is alátámasztják. Habár a továbbiakban szükség van még más paraméter kombinációk kipróbálására és mérésekre, az eredmények a kutatás irányának helyességét mutatják.

## 5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatást a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (NKFIH) támogatta a 2019-1.1.1-PIACI-KFI-2019-00236 azonosítószámú, projekt keretében.



## 6. IRODALOM

- [1] A. Al-Fatlawi, Jármái K., Kovács Gy.: Helikopter kompozit padlólemeze optimalásának elméleti alapjai. GÉP folyóirat, 2022.
- [2] W. Li, H. Fan, Y. Bian, F. Yang: Plastic deformation and energy absorption of polycrystalline-like lattice structures, 2021.
- [3] M. Najafi, H. Ahmadi, G. Liaghat: Experimental investigation on energy absorption of auxetic structures, 2021.

# ÉPÜLETHOMLOKZAT REKONSTRUKCIÓ MODERN ESZKÖZÖKKEL

## USING MODERN TOOLS

Holczbauer András, fejlesztőmérnök, EBK-Hungary Kft. (Holczbauer.Andras@ebkhungary.com), Dr. Máthé László, egyetemi docens, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (Mathe.Laszlo@uni-mate.hu), Kőfalvi Tamás, ügyvezető, EBK-Hungary Kft. (Kofalvi.Tamas@ebkhungary.com)

### ABSTRACT

EBK Hungary Ltd., Szintézis Informatika Ltd. and the Hungarian University of Agriculture and Life Sciences received support in the framework of the research and development project with identification number GINOP-2.2.1-18-2020-00022 for a fusion of several different sensors of building facades a widely applicable system for diagnosis, which helps to detect and localize the structural or surface defects or sources of defects in the building facade with the help of artificial intelligence, and then, based on the information received, the files required for 3D printers can be created from the 3D point cloud with the help of a self-developed software.

The main goal of our research is to investigate possibilities in which we can obtain information about the actual state of building facades in a sustainable, time- and cost-effective way using combined modern equipment or newly developed measuring tools and software. With the help of sensor fusion, artificial intelligence-based software and the application of additive manufacturing technology, quick, non-destructive, automated and predictable repair work can be achieved. It can simplify and speed up traditional professional processes used in building reconstruction. In addition, the condition of the original facade is not modified by the applied procedure.

The information from measured data is processed with the help of artificial intelligence. After digitally reconstruction and repair using own developed software, additive manufacturing technology is used to recreate damaged parts. Using 3D printing, the environmental impact can be lower than that of a building reconstruction using traditional technology.

Several result products were created during the research and development process: 3D printer head, sensor fusion, AI-based diagnostic system, 3D software for modifying the point cloud and preparing print files.

### 1. BEVEZETÉS

Az EBK Hungary Kft., a Szintézis Informatikai Zrt és a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, a GINOP-2.2.1-18-2020-00022 azonosító számú kutatás-fejlesztési projekt keretében támogatást nyertek az épülethomlokzatok több különböző szenzor fúziójával támogatott diagnosztizálásának és széles körben alkalmazható rendszerének kidolgozására, amely mesterséges intelligencia segítségével segít detektálni és lokalizálni az épülethomlokzat szerkezeti vagy felületi hibáit, majd a kapott információk alapján a 3D pontfelhőből, egy sajátfejlesztésű szoftver segítségével alkothatóak meg a 3D nyomtatókhoz szükséges fájlok, amelyek segítségével a homlokzatok egyszerűen és gyorsan javíthatóvá válnak.

A kutatásunk fő célja, hogy olyan lehetőségeket vizsgáljunk, amelyben modern diagnosztikai eszközök kombinációjával, vagy újonnan fejlesztett eszközökkel és szoftverekkel, fenntartható módon, idő és költség hatékonyan lehet információkat kinyerni az épületek homlokzatainak állapotáról.

A szenzor-fúzióval, mesterséges intelligencia alapú szoftverek segítségével és az additív gyártástechnológia alkalmazásával azonnal elkezdhető, gyors, roncsolásmentes, automatizálható és kiszámítható javítási munka érhető el. A kidolgozott rendszer az épületrekonstrukcióban alkalmazott hagyományos szakági folyamatokat leegyszerűsítheti és felgyorsíthatja. Ezen felül az eredeti homlokzatot állapotát az alkalmazott eljárás nem módosítja. A 3D nyomtatás alkalmazásával a környezeti terhelése alacsonyabb lehet, mint a hagyományos technológiával végzett épület



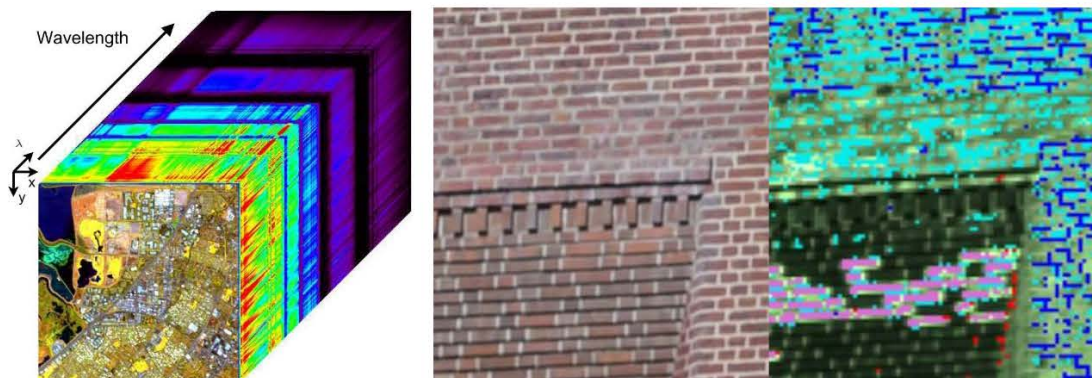
rekonstrukció. A szenzorokból nyert információk a mesterséges intelligencia segítségével feldolgozásra kerülnek, majd a saját fejlesztésű szoftverrel történő digitálisan rekonstrukció és additív gyártástechnológia segítségével javíthatók, vagy újra gyárthatók a sérült részek.

A kutatás során több eredménytermék született meg: 3D nyomtatófej, szenzorfüzió, AI alapú diagnosztikai rendszer, 3D szoftver a pontfelhő módosítására és nyomtatási fájlok előkészítésére.

## 2. SENZORFÜZIÓS, MI. ALAPÚ ÉPÜLETDIAGNOSZTIKAI RENDSZER

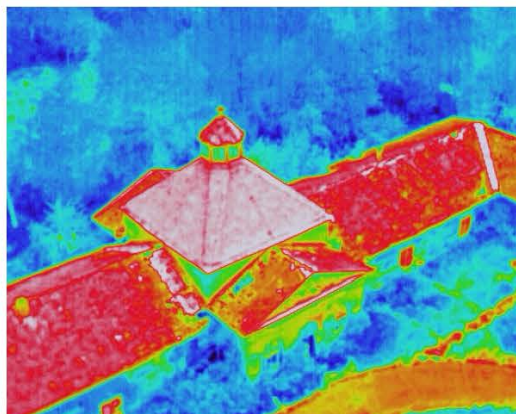
A projekt keretében kidolgozott mesterséges intelligencia alapú épületdiagnosztikai rendszer képes különböző szenzorokból érkező információ automatikus összevetésére, rendszerezésére és elemzésére. A kidolgozott szenzorfüziós irányelvek mentés a rendszer alkalmas hiperspektrális, hőkamerás, lidar szenzorral készült 3D adatok és RGB fényképes állományok összevetésére és elemzésére, az épülethibák megállapítására és megjelölésére.

A hiperspektrális felvételek (1. ábra) segítségével az épületekről és épületelemekről rengeteg fontos információt nyerhető. A kutatás-fejlesztés során elsősorban a falüregek keresését, vizesedések detektálását gombásodott részek feltárását tűztük ki célul. A hiperspektrális mérőeszközök előnye, hogy mélységi feltárások is elvégezhetők az épületszerkezeteken.



1. ábra. Hiperspektrális képek párhuzamos osztályozása neurális hálózatok segítségével, balra; Új módszer felfedezése az épületek erősségei és gyengeségei elemzésére, jobbra  
(Javier Plaza, 2018; Laefer, 2018)

A hőkamerás épületdiagnosztika (2. ábra) segítségével elsősorban az épületek konstrukciós vagy szigetelési hiányosságaiból adódó hőhidak detektálhatók. Ezek a hőhidak az épület energiahatékonysági hibáin túl, szerkezeti meghibásodásokat is okozhatnak.



2. ábra. Babatpusztai istállókastély épület hőkamerás képe.



3. ábra. Sérült homlokzati elem szkennelése SCANTECH iReal 2E Color kézi 3D szkennelével

A 3D lidar szkennerek segítségével (3. ábra) a nagy pontosságú 3D pontfelhők készíthetők a sérült épülethomlokzatokról, amelyet követően a tapasztalt homlokzati hibák digitálisan rekonstruálhatók és javíthatók. A képkötés egy lidar mérőeszközzel felszerelt drón segítségével is elvégezhető. Így a drón levegőbe juttatásával, akár egy egész épületről készíthetők olyan 3D pontfelhők amelyek a rekonstrukció alapját képezik. Ezek a 3D pontfelhők különböző részletességűek lehetnek annak függvényében, hogy a cél az elemzés vagy a rekonstrukció.

Az RGB fényképes felvételek szintén fontos elemei az épületdiagnosztikának. Az állványról, kézből, vagy drónról készült felvételek segítségével a vizuálisan felismerhető hibák, mint a repedések, homlokzatfolytonossági hiányosságok mellett, az olyan rekonstrukció tervezésben fontos elemek is felismertethetők, mint az ajtók, ablakok száma, mérete vagy felülete.

### 3. MESTERSÉGES INTELLIGENCIA ALAPÚ ÉPÜLETDIAGNOSZTIKAI RENDSZER

A projekt keretében kidolgozott mesterséges intelligencia alapú épületdiagnosztikai szoftvert (4. ábra) a homlokzati elemek automatikus elemzésére fejlesztettük ki. Az automatikus diagnosztikával segíthetjük, vagy később akár ki is válthatjuk a szakember által végzett szemrevételezési felmérési munkát. Jelenleg a mesterséges intelligencia épületek alaksajátosságait, mint például az ablakok, ajtók, tud a mesterséges intelligencia beazonosítani, de ezen felül a repedések folytonossági hiányok detektálására, jelölésére és felületének meghatározására is alkalmas. A szoftver segítségével teljes épületek, vagy több épületből álló képsorozatok gyors és automatizált állapotmeghatározása végezhető el automatikusan, így könnyebben, gyorsabban elemezhetők az épületek, így rendszeres diagnosztikával folyamatosan nyomon követhetők az épületeróziós folyamatok.

Előnézet	Fájlnév	Típus
	YUN_0011.JPG	RGB kép
	YUN_0007_T.JPG	Infrakamera kép
	YUN_0004_T.JPG	Infrakamera kép
	19097_orig_art1721.jpg	RGB kép
	YUN_0233.JPG	RGB kép
	YUN_0003_T.JPG	Infrakamera kép
	YUN_0012.JPG	RGB kép
	YUN_0155_T.JPG	Infrakamera kép
	Képkivágás.JPG	RGB kép
	VEG.jpg	RGB kép

Találatok: 1 - 10 Összesen: 10

4. ábra. Ablakok felismerése egy betöltött homlokzati minta alapján

Jelenleg a mesterséges intelligencia a projektcélok között kitűzött alakzatokat lépes felismerni, de tekintettel a technológia univerzális voltára, további tanítással a felismerhető elemek száma tovább növelhető. A jövőben felismerhető alakzatok lehetnek akár látható vakolat átnedvesedések,



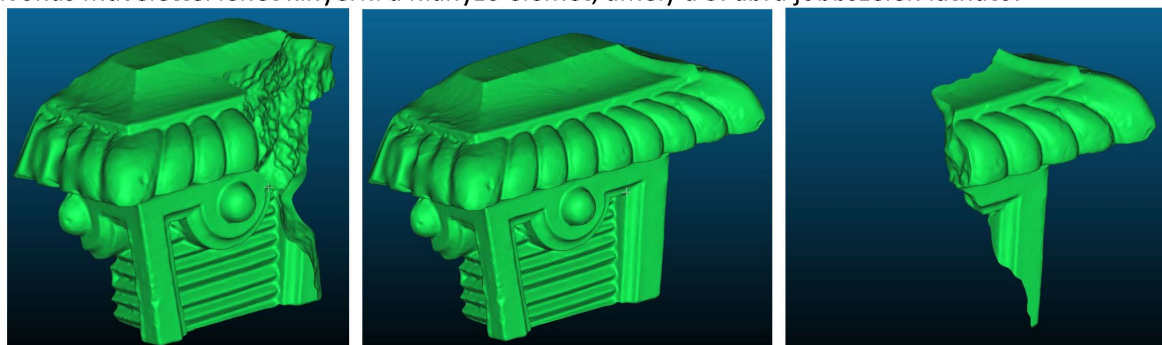
elszíneződések, mész-, szulfát-, klorid kivirágzások, vakolatleválások, vagy akár falfirka vagy egyéb rongálások is.

A szoftver segítségével az RGB tartományú fényképfelvételek alapján a látható tartományba eső hibák felismerését végezhetjük el, a hőkamerás felvételeken az épület hőterképének anomáliáit detektálja a mesterséges intelligencia, míg a hiperspektrális adatok alapján a nem látható tartományokba eső anomáliákat tudunk elemezni.

#### 4. HOMLOKZATI HIBÁK JAVÍTÁSA

A látható tartományba eső hibák egyik gyakori típusa a különböző homlokzati elem leválások és folytonossági hiányok, amelyek javítására olyan módszert dolgoztunk ki, amely segítségével a hibák javítása korszerű digitális módszerek segítségével történhet meg. Az épületdiagnosztikai rendszer által megjelölt hiányos épületrészletek lidar, vagy 3D szkennelssel készült pontfelhő adatait a szintén a projekt keretében fejlesztett, pontfelhő elemzésre és módosításra szolgáló szoftverbe, az EBKcc-be lehet betölteni. Ez a szoftver alkalmas a 3D pontfelhőt megjeleníteni, módosítani és a pontfelhőt 3D nyomtatáshoz előkészíteni.

Egy gyakorlati példával szemléltetve a folyamatot az alábbi ábrán láthatók (5. ábra) egy épületelem rekonstruálási folyamatának lépései. Ebben a példában egy sor hasonló homlokzati elem található az épületen. A szoftverbe a sérült és több hibátlan épületelem részlet is betölthető. A szoftver segítségével elemezhető, hogy mely hibátlan épületelem a leginkább hasonló a hibás épületelem megmaradt részeihez. A betöltött pontfelhőket tisztítás és hálóképzés után a két épületelem részletet a szoftver szinte automatikusan, egy kattintással egymásra helyezi. Az egymásra helyezett részletekből kivonás művelettel lehet kinyerni a hiányzó elemet, amely a 5. ábra jobbszélén látható.



5. (ábra) Rongálódott, hiányos részlet (bal oldalon), hibátlan részlet (középen) és a hiányzó, EBKcc által megoldott részlet bal oldalon

Az EBKcc által elkészült, csak a hiányzó részt tartalmazó elemrészlet nyomtatása azonnal elkezdhető, mivel a szoftver képes a pontfelhőből nyomtatásra alkalmas fájlformátumokat generálni. A nyomtatások a nyomtatandó részlet geometriai bonyolultsága, anyagminősége és méretei szerint eltérőek lehetnek. Az alábbi képen látható sarokelem kiegészítés sablonmintája nagyfelbontású 3D nyomtatóval lett kinyomtatva. A nyomtatott minta 2 komponensű shore 40-es keménységű szilikonnal lett körbeöntve. A szilikon formába az épületelemmel megegyező anyagú beton került. Az így kapott elem, amely tökéletesen illeszkedik a tört felülethez (6/a ábra), időjárásálló betonragasztóval került felrögzítésre.

A fenti példában említett korlátoszlopmellett található további hiba is kijavításra került a projekt keretében. A 6/b ábrán látható virágdísz kovácsolt elem egyik része hiányzott. A díselem hiányzó részeinek rekonstruálásához az egész elemet le kellett gyártani. Az elem 3D szkennelése után a pontfelhő elemzés és javítás az EBKcc szoftverben történt, majd az elem legyártását 3D fémnyomtatóval végeztük el. Az így legyártott elemet már egészben lehet rögzíteni a korláthoz. Ezzel az eljárással a 3D nyomtatás magasabb költsége ellenére is rentábilisan javítható volt a hiányos korlátelem, tekintettel arra, hogy egy ilyen kovácsolt, vagy öntött alkatrész pontos, a meglévő elemekhez illeszkedő legyártása komoly szakértelmet és időt igényelne egy kovács szakembertől.



a.)



b.)

6. ábra Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE) főépületének megrongálódott korlátelemeinek rekonstrukciója

a.) Sarokelem kiegészítés; b.) Kovácsolt korlátdísz kiegészítés

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

A cikkünkben bemutatott projekteredmények alapján elmondható, hogy a megalkotott épületdiagnosztikai és épületrekonstrukciós rendszer hasznossága bizonyított. Az additív gyártástechnológiával legyártott épülethomlokzati elem kiegészítések idő és költséghatékony alternatívái lehetnek az hagyományos restaurálási folyamatoknak. Az 3D nyomtatással készült elemek költségei automatizáltn és pontosan meghatározhatóak. Mivel sem a felmérési folyamat, sem a rekonstrukció nem igényli a restaurálandó épület módosítását, így műemlék jellegű épületeknél is alkalmazható a rendszer. Komoly lehetősége a rendszernek, hogy a munkafolyamatai sokkal pontosabbak és gyorsabbak is lehetnek, mint a jelenlegi restaurálási munkafolyamatok. Pontos és azonnali feltárásokat lehet lefuttatni a rendszer segítségével. Így a költségeket, munkaidő ráfordítást, anyagmennyiségeket relatív pontosan lehet meghatározni, ami az építőiparban nagy versenyelőnnyel járhat. A kidolgozott digitális eszközök és műveleti folyamatok a folyamatos felhasználás mellett tovább igazíthatók az épületrekonstrukciós napi gyakorlathoz.

## 7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A jelen publikáció létrejötté a GINOP-2.2.1-18-2020-00022 számú projekt keretében nyújtott támogatással valósult meg.

## 8. IRODALOMJEGYZÉK

Javier Plaza, A. P. (2018). "Parallel Classification of Hyperspectral Images using Neural Networks". In *Computational Intelligence for Remote Sensing*, (old.: 193-216).

Laefer, P. D. (2018. október 8). *Discovers a New Way to Analyze Building Strengths and Weaknesses*.

Forrás: New York University Tandon School of Engineering:

<https://engineering.nyu.edu/news/professor-debra-laefer-discovers-new-way-analyze-building-strengths-and-weaknesses>



# EGYEDI, KETTŐSMŰKÖDÉSŰ KÖTŐRŐGÉP KIFEJLESZTÉSE AZ UMWELT KFT.-NÉL

## DEVELOPMENT OF A NEW TYPE, DUAL- FUNCTION STONE CRUSHING MACHINE AT UMWELT KFT.

Pigniczki Ferenc ügyvezető, Umwelt Kft., pf@umwelt.hu

### ABSTRACT

UMWELT Kft. won support for the design and production of a new type, dual-function stone crusher within the framework of the research and development project with identification number GINOP-2.1.2-8-1-4-16-2018-00683. The primary task of the designed machine is to pull with a tractor during the working process, to break up and shred the soil, concrete, stone layer at an adjustable depth. Its secondary task, in stable operation, set on a stand, is the crushing and shredding of stone and concrete pieces loaded manually or by mechanical loading. This article briefly describes the process of the design and machine construction work, gives an idea of the main phases of the creation of the equipment, as well as the structure and technical characteristics of the stone crusher developed and manufactured within the framework of the aforementioned research and development project, and presents the realized prototype during use.

### 1. BEVEZETÉS

Az UMWELT Kft. a GINOP-2.1.2-8-1-4-16-2018-00683 azonosító számú kutatás-fejlesztési projekt keretében támogatást nyert egyedi, kettős működésű kőtörőgép megtervezésére és gyártására. A tervezett gép elsődleges feladata a traktorral való vontatás munka menetében, a talaj, beton, kőréteg, beállítható mélységben való feltörése, aprítása. A másodlagos feladata, stabil üzemben, állványra állítva, a manuálisan vagy gépi rakodással betöltött kő, beton darabok összetörése, aprítása. Jelen cikk röviden ismerteti a tervezési és gépépítési munka folyamatát, képet ad a berendezés létrehozásának főbb fázisairól, továbbá az említett kutatás-fejlesztési projekt keretei között kifejlesztett és legyártott kőtörő felépítéséről, műszaki jellemzőiről, illetve bemutatja a megvalósult prototípust alkalmazás közben.

### 2. A KÖTŐRŐGÉP JELLEMZŐI

A berendezés jellemzően lemezekből, hegesztéssel készül. A törődob belsejében lévő védőlemezek csavarokkal kerülnek rögzítésre. A berendezés traktorra függesztve haladó mozgással és állványra telepítve, stabil üzemben képes működni. Mobil üzemben a dob alsó, hátsó része nyitható, így szabályozhatóan elterítve, szintezve jut ki a törmelék.

A törendő kövek a garaton át kerülnek a gépbe, majd ott érintkezve a rotorral, az összetöri őket, illetve a rotort körülvevő dobot burkoló kopólemezeknek repíti. A falról visszapattanó köveket a rotor még számtalanszor eltalálja, míg az alul nyitott részig nem ér ahol a tört kövek kiesnek a gépből. A törendő anyag gépbe juttatása, történhet emberi erővel, lapát segítségével, vagy markológéppel, amennyiben nagy mennyiségű követ kell zúzni, úgy futószalagos anyagtovábbítással is megoldható az anyag garatba és ez által gépbe jutása. A rotor hajtása egy traktor TLT tengelyéről történik (1. ábra.), a traktort és a rotort egy hajtóművön keresztül, kardántengely és 8 soros ékszíjhajtás köti össze.

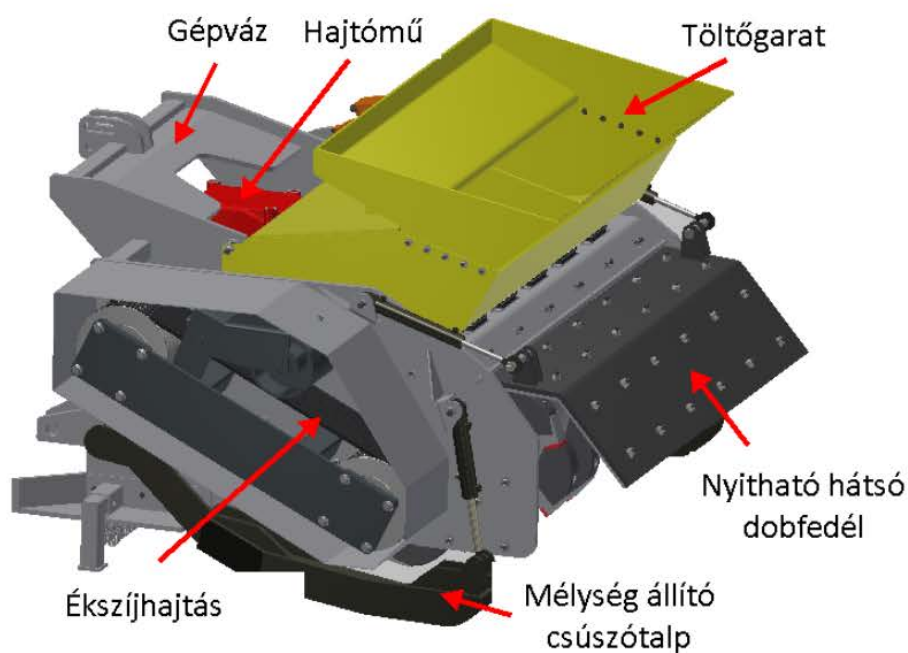
A kőtörőgép fordulatszáma a traktor kardánkihajtás fordulatszámától függ, 540 percenkénti fordulaton nagyobb a törőfogakon ébredő kerületi erő, így keményebb anyagok törésére is alkalmas a gép, azonban kisebb fordulatszám hatására az időegységre vonatkoztatott kapacitása csökken. 1000 percenkénti fordulaton működve, a nagyobb kapacitás kisebb kerületi törőerő mellett jelentkezik.



1. ábra. A traktorral összekapcsolt gép [1.]

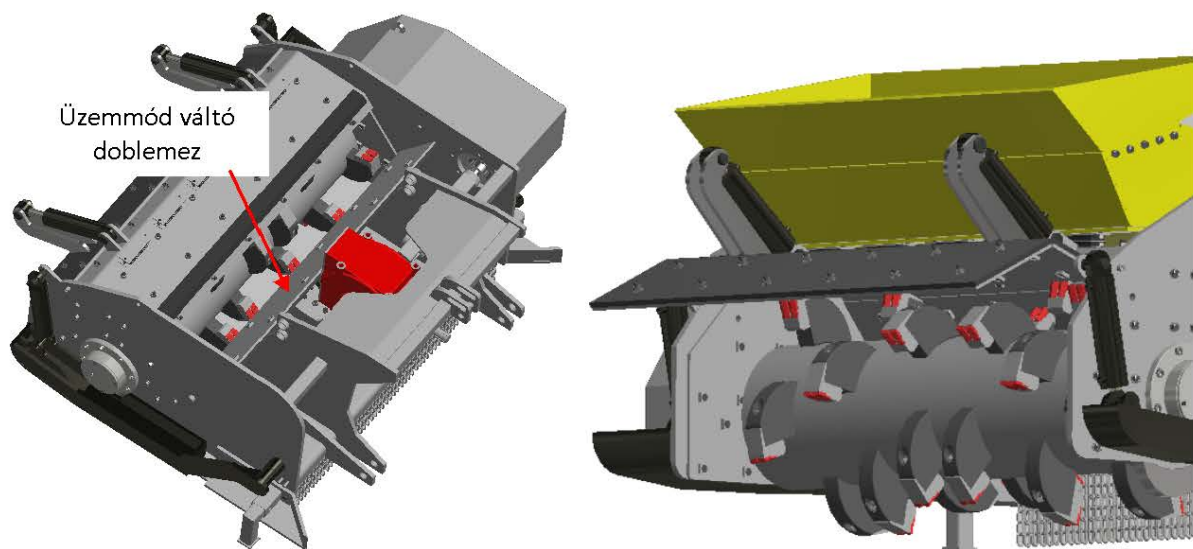
A traktor és a kőtörőgép tengelye merőleges elrendezésű, ezért szükséges a kúpfogaskerekes hajtómű, illetve szíjhajtás.

### 3. A GÉP RÉSZEGYSÉGEI



2. ábra. A kőtörőgép felépítése

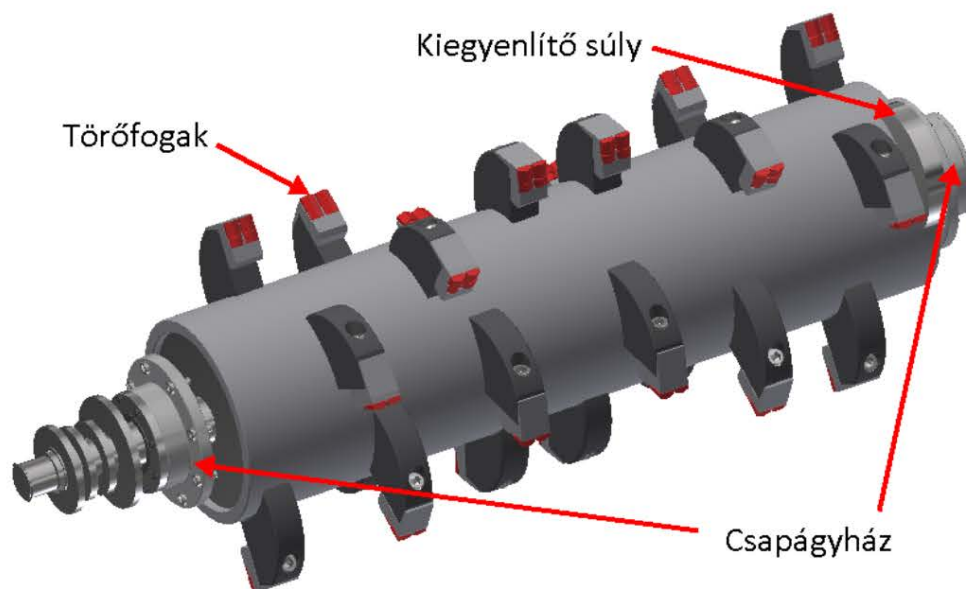
A vázállvány lemezekből és zártszelvények összehegesztésével áll össze (2. ábra.). A törő dob felső része hegesztéssel kerül rögzítésre a váz lemezek között, a kopólemezeket csavarokkal rögzítjük a doblemezekhez. Az üzemmódváltó (3. ábra.), ill. hátsó nyitható fél pedig csuklósan kapcsolódik a vázlemezekhez. A teljes dobrész hajlított lemezek, illetve kivágott lemezek egymáshoz hegesztésével jön létre.



3. ábra. A törődob üzem mód váltó lemeze és a hátsó nyitható dobfedél

A dob nyitható hátsó lemeze többcélú, egyrészt a törmelék szintszabályozására, másrészt karbantartási munkák könnyítésére szolgál. Üzemszünetben, ebben az állásban (a hátsó dobfelet kinyitva), vizsgálható a rotor, valamint a kopólemezek kopásai a gép alaposabb szétszerelése nélkül.

A törőrotor kialakításánál a csapágyházak és a törőrotor is alulról kerül beszerelésre, a csapágyházakat csavarok segítségével rögzítjük a dob oldallemezéhez (4. ábra.). A rotor alapanyaga egy varrat nélküli acélcső, melyre a fogtartók hegesztve kerülnek rögzítésre. A fogak csavarokkal rögzíthetők a fogtartókba, 24 darab KSF510 törőfog.



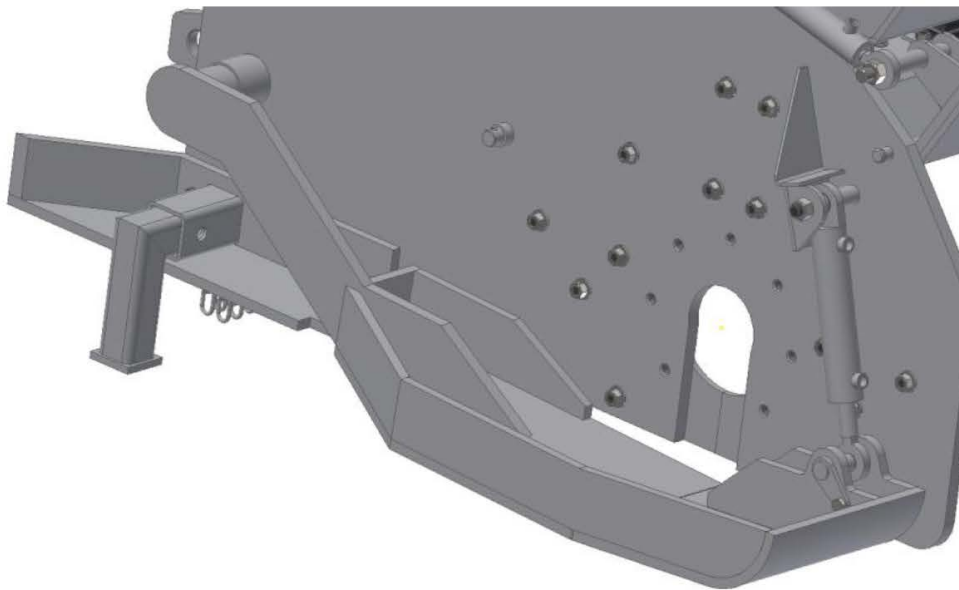
4. ábra. Rotor és csapágyházak kialakítása

A rotor két végén 1-1 beálló hordógörgős csapágy található, egyedi csapágyházakba illesztve. A csőtengely és a csapágyházak között egy tömör tengelycsonk található, mely a csőbe hegesztett tárcsákhoz csavarok segítségével rögzíthető. Az alkatrészek alulról való összeépítésének előnye, hogy egy daru segítségével könnyen szerelhető a gép, valamint hogy a felső rész eltávolításával alaposan vizsgálható a gép kövekkel érintkező területe.



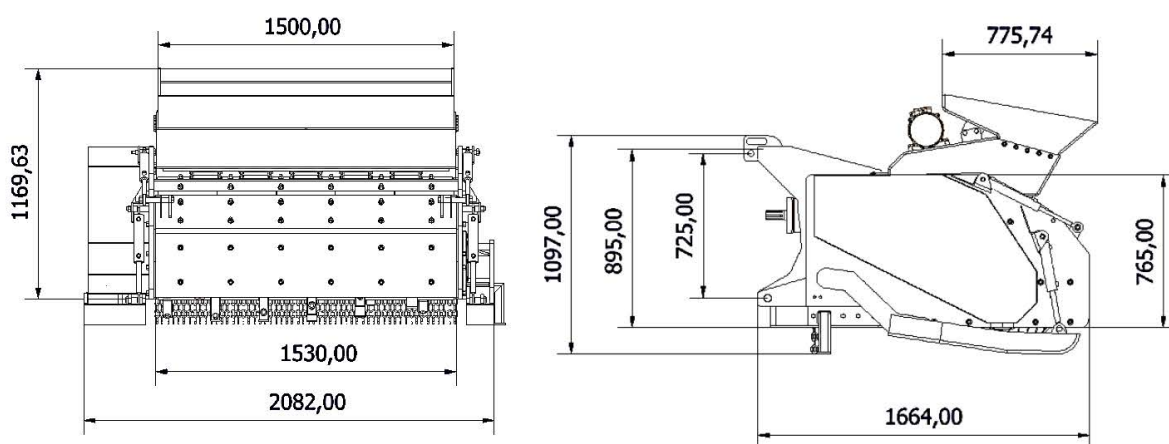
A betöltő garatnak stabil üzemben van funkciója. Lemezekből összehegesztve készült. A törendő anyagot kell bevezetnie a törődobba. Az anyagáramlás elakadásának megakadályozása érdekében rázómotor került a tetejére. Normál, vontatott üzemben a rugalmasan szerelt adagoló garatot leszerelhetjük. Ilyenkor figyelni kell az üzemmód váltó lemez megfelelő helyzetére.

Az állítható csúszótalp segítségével lehet a munkamélységet változtatni közel 150 mm-rel. Az állítás hidraulikus munkahengerek segítségével történik. Az állítható csúszótalp előnye továbbá, hogy tároláskor a rotor nem éri a talajt, így nem növeli a csapágyazás terhelését. A csúszótalp kialakítás olyan, hogy a talp egy csuklópont körül forog mely csuklópont két perselybe helyezett tengelyből áll. A gép használaton kívüli vízszintes tárolása érdekében a vázhoz csavarozott fix talpra manuálisan behelyezhető és rögzíthető támasztó láb található (5. ábra.).



5. ábra. A rögzíthető támasztóláb és a csúszótalp kialakítása

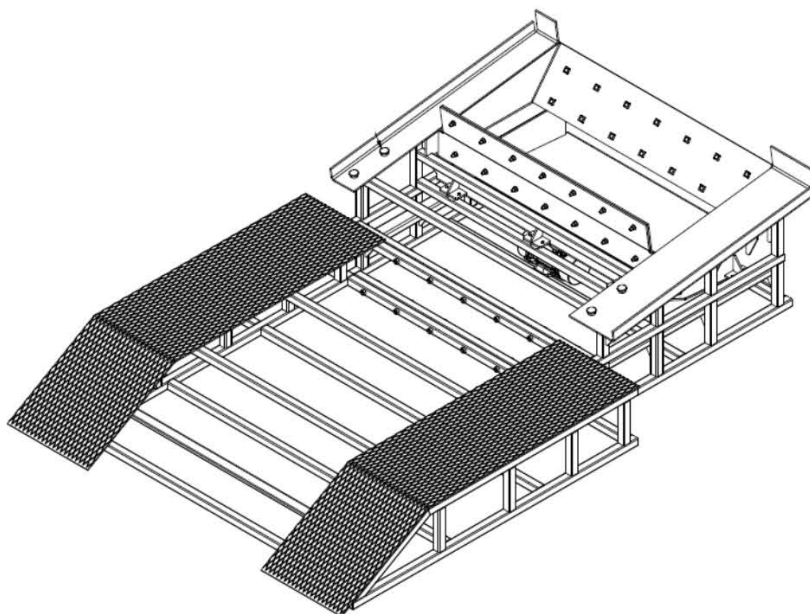
A törőgép főbb méretei



6. ábra. A kőtörőgép főbb befoglaló méretei

Stabil üzemű vázálvány zártszelvények összehegesztésével áll össze (7. ábra.), a szögben álló szelvényekre fog felfeküdni a gép alsó dobfele, majd a furatokon át csavarokkal kerül rögzítésre.





7. ábra. Stabil üzemhez szükséges váz

A vázállvány hossza, illetve szélessége, nagyobb a tesztgép befoglaló méreteinél, erre a stabilitás, és felborulás elleni védelem miatt van szükség.

#### 4. ÜZEMI PRÓBÁK

A rotor hajtása egy traktor TLT tengelyéről történik, a traktort és a rotort egy kardántengely köti össze, a rotor végén a kardántengelyhez kapcsolódó Din 9611 szabvány szerint 20 fogas profil található (8. ábra). A kardán típusa olyan, hogy rendelkezik egy nyomatékhatároló és egy szabadonfutó egységgel. A nyomatékhatároló a túlterheléstől védi a szerkezeti részeket, akár a traktor oldali, akár a munkagép oldalán bekövetkező túlzott erőhatások ellen. A másik része a kardánnak a szabadonfutó egység, amely a hirtelen bekövetkező leállások, fordulatszám különbségek, túlpörgetés esetén egyirányban szétválasztja a hajtásláncot, ezáltal véd a tehetetlenségi erők, nyomatékok káros hatásától.

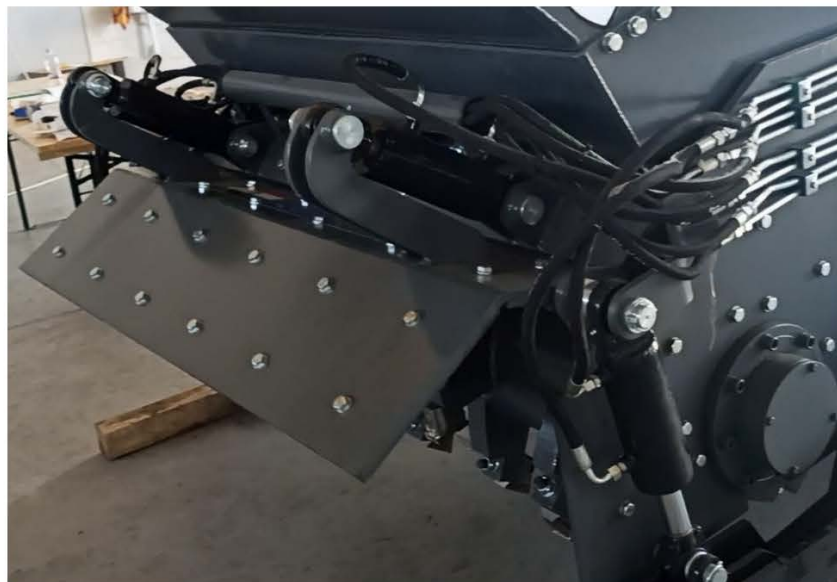


8. ábra. A kezdeti forgatási próbák

A forgatási próbák során kisebb rezgések, rezonancia tapasztalható volt, de összeségében a gép üresjáratban megfelelően működött különböző fordulatszám tartományokban is.

#### 4.1 TÖRÉSI PRÓBÁK

Az összeállított tesztgépet a traktorral való összekapcsolást követően néhány percig terhelés nélkül járatva meggyőződést nyertünk, hogy a rotor megfelelően forog, az állvány kellően stabil, illetve nem ébrednek veszélyes rezgések a szerkezetben (9. ábra).



9. ábra. A törőelemek felszerelt állapota

Első lépésben a törendő anyagot kis mennyiségben adagoltuk a gépbe (10. ábra). Vizsgáltuk a gépből távozó töreten a gép törési képességét.



10. ábra. Az első törési próba gépi adagolással

A későbbiekben a garaton át hosszabb ideig változó mennyiségű kővel táplálva szimuláltuk a telepített üzemű folyamatos működést, ezt 540/perc fordulaton végeztük.



A következő törési próbák a folyamatos vontatott üzemű vizsgálatra vonatkoztak (11. ábra).



11. ábra. Döngölt föld bontási próba

Kemény, döngölt földterület és betondarabokkal teli földterület bontását végeztük a második vizsgálati ciklusban (12. ábra).



12. ábra. Betondarabokkal teli föld bontási próba

## 5. ÖSSZEFOGLALÁS

A tört köveket megvizsgálva, megállapítható, hogy a frakciók esetleges szétválasztása érdekében szükség lehet a végleges változatnál rostára, amely biztosítja a maximális töretméretet, esetleg más méretre való szétválasztást is. A teszt eredményének kiértékelése szempontjából többször szétszereltük a gépet, a felső fedelet leemelve, vizsgáltuk a felső fedél kopólemezeinek kopását.

A rövid teszt időszak alatt nem volt jellemző a kopás, így kevésbé lehet következtetni az alkatrészek várható élettartamára. A rotort illetve, a csapágyázását megvizsgálva kiderült, hogy a tömítések megfelelően védenek a szennyeződések ellen, a kövek törésekor keletkező por kis mennyiségben tározódott a rotor belső felén.

Összeségében a prototípus kőtörőgép megfelelően működött, a jövőbeli további gyártáshoz, fejlesztésekhez megfelelő alapot biztosít.

## 6. IRODALOMJEGYZÉK

[1] traktor modell forrása:

<https://grabcad.com/library/john-deere-6195-series-tractor-detailed-with-scv-portsdrawbar-hitch-3pt-1>

# MODULÁRIS FELÉPÍTÉSŰ, ROBOTKAROKBAN UNIVERZÁLISAN HASZNÁLHATÓ, NAGY TELJESÍTMÉNYSŰRÚSÉGŰ PRECÍZIÓS HAJTÁSRENDSZER KIFEJLESZTÉSE A K.K.K. 99 KFT.-NÉL

## DEVELOPMENT OF A PRECISION DRIVE UNIT TO BE UNIVERSALLY USED AS ROBOT JOINTS WITH HIGH POWERDENSITY AND MODULAR CONSTRUCTION AT K.K.K. 99 KFT.

Neumann Róbert okl. gépészmérnök, Dr. Horák Péter tanszékvezető, egyetemi docens,  
BME Gép- és Terméktervezés Tanszék, Dr. Krisch Róbert ügyvezető, Wavedrive Kft.

### ABSTRACT

The main focus of this article is to present the unique and widely applicable precision harmonic drive systems developed by Wavedrive Co. Ltd. (Previously known as K.K.K. Co. Ltd. until 2022. September). Fine-tuning of these high-precision drive systems is necessary due to the constantly developing industrial applications, such as manipulators, measuring and manufacturing machines and a wide variety of medical devices. Harmonic drive systems are mainly a combination of an electric motor, strain wave gear elements, as well as encoders on the input and/or output side. The main focus of this R&D project is to develop more precise drive system solutions with minimal dimensions for the industry. During the development both flat wheel and cylindrical type strain wave gears were studied, in order to widely examine the impact of the individual planning aspects. The experimental drive systems were implemented into heavy-duty manipulators to measure them in a real industrial application. Based on the test results new precision drive units were designed and manufactured. The modifications and fine-tuning of the design was an iterative process. The evolution of the precision drive prototypes was documented in detail. The results of this R&D project could provide valuable informations and data, which may influence the mechatronical and mechanical engineering profession. The design- and manufacturing process was sponsored by the Ministry of Innovation and Technology under the tender number 2018-1.1.1-MKI-2018-00152.

### 1. BEVEZETÉS

A Wavedrive Kft. (2022. szeptemberig K.K.K. 99 Kft.) a 2018-1.1.1-MKI-2018-00152 azonosító számú kutatás-fejlesztési projekt keretében támogatást nyert olyan széles körben alkalmazható precíziós hajtásrendszerek megtervezésére és gyártására, amelyek nagy pontosságú mozgatást igénylő ipari robotok hajtásaként használhatók. A napjainkban is dinamikusan fejlődő ipari alkalmazásoknál egyre nagyobb szerepe van a nagy pontosságú hajtások folyamatos fejlesztésének. Precíziós hajtásrendszereket széles körben alkalmaznak orvosdiagnosztikai eszközökben, manipulátorokban, valamint gyártó- és mérőberendezésekben. A Wavedrive Kft. kutatás-fejlesztési projektjének keretein belül különböző kialakítású hullámhajtóművek, BLDC motorok, valamint ki- és behajtó oldali enkóderek kombinációjából összeállított precíziós hajtásrendszerek kerültek kifejlesztésre és tesztelésre. Jelen cikk röviden ismerteti az említett kutatás-fejlesztési projekt keretei között kifejlesztett és legyártott hajtásrendszer prototípusok felépítését, tulajdonságait, illetve bemutat egy, a különböző típusú hajtásokkal megvalósult beépítési példát is. Publikációnk fókuszában a prototípusok geometriai fejlődéstörténete áll. Az iteratív folyamat során több hajtásrendszer-koncepció készült.

### 2. A HULLÁMHAJTÓMŰVEK MŰKÖDÉSI ELVE

A hullámhajtóművek nagy áttételű, holtjátékmentes, nagy teljesítménysűrűségű precíziós hajtóművek. Kompakt kialakításuk abból eredeztethető, hogy a nagy áttételviszony megvalósításához csupán az 1. ábrán látható néhány alapelem kombinálása szükséges [1]. Az erőátvitel és a nagy áttétel

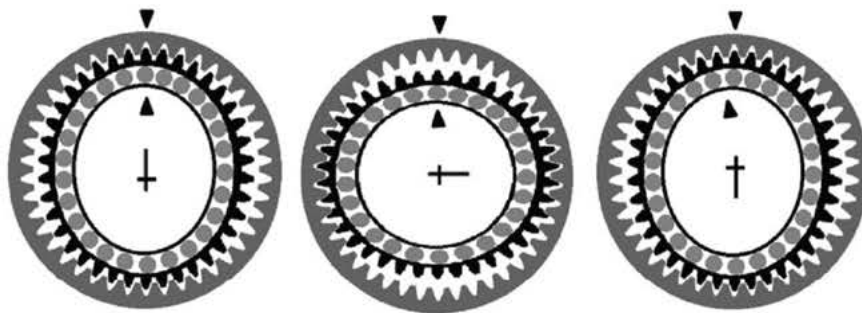


megvalósításához a behajtó oldali hullámgenerátor (1) bütykökfelületével egy rugalmas csapágyon keresztül körkörös deformációra készíti a hullámkeréket (2), amely fogazott felületén keresztül kapcsolódásba lép a merevkerékkel (3). Az alapelemek hengeres és síkkerekes változat esetében is koaxiális elrendezésűek.



1. ábra. Hengeres kerekes hullámhajtómű alapelemei: rugalmas csapágy és bütykös hullámgenerátor (1), hullámkerék (2), merev kerék (3) [1]

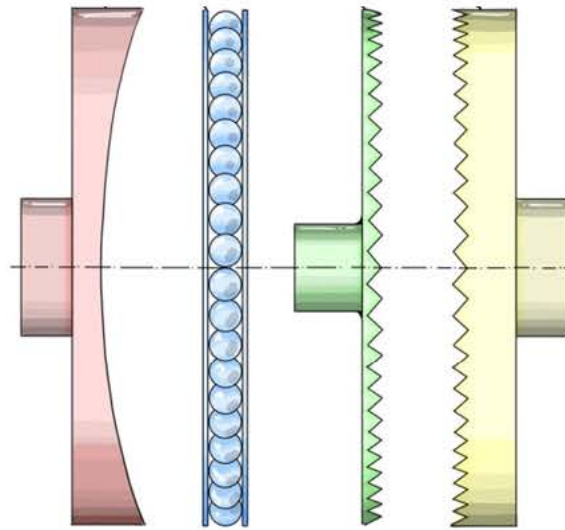
A két fogazott elem fogosztásban megegyezik, a hullámkerék fogszáma azonban a generátor bütykökfelületeinek darabszámával csökkentett.



2. ábra. Két bütykökfelületű hengeres kerekes hullámhajtómű működési elvének vázlata [1]

A 2. ábra egy hengeres kerekes hullámhajtás működését szemlélteti. Ezen az ábrán látható, ahogy a körkörös, periodikus deformáció a rögzített merevkerékhez képest relatív elfordulást okoz a hullámkeréken. A hullámhajtások - a ciklohajtásokkal ellentétben - dinamikailag kiegyensúlyozottak, így lényegesen magasabb behajtó fordulatszám mellett is üzemeltethetők.

A hullámhajtóművek kialakítását tekintve két fő típust különböztethetünk meg: sík- és hengeres kerekes változatot. A síkkerekes hullámhajtómű alapelemeiben nem, azonban kialakításában eltér a hengeres kerekes verziótól. Itt a bütykökfelület, illetve a hullám- és merev kerék fogai is egy-egy tárcsa homlokfelületén kerülnek kialakításra, szemben a hengeres kerekessel, ahol ugyanezeket a hengeres alkatrészek palástfelületén találjuk. A síkkerekes hullámhajtómű kialakítását a 3. ábra szemlélteti. A Wavedrive Kft. kísérleti fejlesztésének keretein belül mindkét verzióhoz több, különböző paraméterekkel rendelkező prototípus készült. Az egyes hajtóművek teszteredményei, majd az ipari környezetbe való implementálás is értékes tapasztalatokkal szolgált a precíziós hajtásrendszerek továbbfejlesztéséhez.



3. ábra. Síkkerekes hullámhajtómű alapelemeinek vázlata [4]

Balról: hullámgenerátor, rugalmas axiális csapágy, hullám- majd merevkerék

A két alaptípus felépítése eltérő előnyökkel és hátrányokkal jár. A síkkerekes hajtóműveket nagy torziós merevség, ugyanakkor alacsony fordulatszám tartományban gazdaságosabb üzem jellemzi. A hengeres kerekes változatok hosszabb kialakítású poharuk miatt ugyan alulmaradnak torziós merevség tekintetében, azonban jobb hatásfokkal üzemeltethetők. Ennek oka, hogy a hengeres kialakítású hullámkerék folyamatos periodikus deformálásához kisebb energiabefektetésre van szükség, mint a nagyobb teljesítménysűrűségű síkkerekes változatnál. Mivel a befoglaló méretek aránya is eltérő, a megfelelő hajtásrendszert a beépítési környezet figyelembevételével lehet kiválasztani.

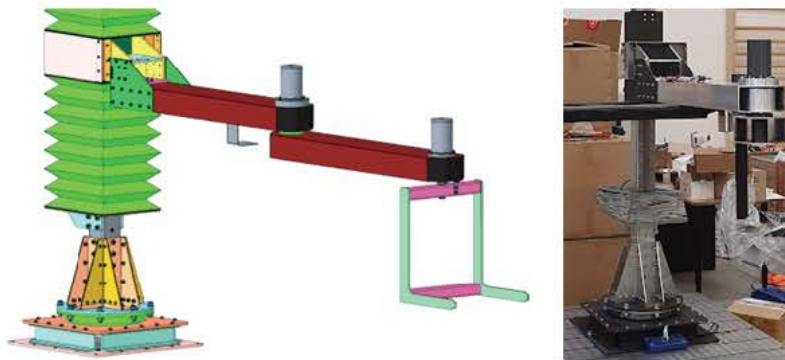
### 3. HAJTÁSRENDSZEREK IPARI ALKALMAZÁSA

A kutatás-fejlesztési projekt keretei között a 4. ábrán látható négy különböző hajtásrendszer készült el. Két sík-, valamint két hengeres kerekes verzió valósult meg, mindegyik változatból összeállításra került egy-egy fékes és fék nélküli egység is. A prototípusok moduláris kialakításúak, ezáltal néhány elem cseréjével több paraméter is vizsgálható. A kutatás-fejlesztési projekt korábbi publikációiban bemutatásra kerültek a 4. ábrán látható hajtásrendszerek mérőpadon és kis méretű SCARA manipulátorral végzett tesztjeinek eredményei. A síkkerekes hajtásrendszerek  $i = 110$ , a hengeres kerekes változatok  $i = 160$  áttételűek. Kialakításukat tekintve a síkkerekes, fékes egység befoglaló mérete  $\varnothing 150 \times 108,8$  mm, míg a hengeres kerekes hajtásrendszeré  $\varnothing 125 \times 192,1$  mm. A hajtásrendszerek legmagasabb kihajtó oldali forgatónyomaték értéke 183 Nm volt, amelyhez  $0,0035^\circ$  visszaállási pontosság és 0,07 szögperc/Nm-es torziós merevség párosult.



4. ábra. Moduláris hengeres- és síkkerekes hullámhajtóművel szerelt hajtásrendszerek prototípusai  
Ezen hajtásrendszerek nagy munkaterű ipari manipulátorok csuklópontjaiba is beépítésre kerültek, ahol lehetőség volt néhány további, valós ipari körülmények között végzett vizsgálat elvégzésére. A nagy munkaterű manipulátorok az 5. ábrán láthatók. Az eltérő terhelésű forgáspontokba az adott igénybevételeknek megfelelően különböző kísérleti hajtásrendszerek kerültek beépítésre.





5. *ábra.* Ipari manipulátor sík- és hengeres kerekcs hajtásrendszerekkel szerelt csuklópontokkal  
A manipulátorok feladata, hogy 2 méter sugarú körben maximum 25 kg-mos munkadarabokat helyezzenek át nagy pontosságú pozícionálás mellett. A legnagyobb terhelésnek a talppontban elhelyezett hajtásrendszer van kitéve, így ide a legnagyobb torziós merevséggel rendelkező, síkkerekcs változat került beépítésre. A két kar közötti elfordulási pontban a fékkel ellátott hengeres kerekcs hajtásrendszer kapott helyet. Az egyik manipulátor karjának végpontjába az alacsonyabb terhelési viszonyok miatt lehetőségünk volt a legkompaktabb, 60-as áttételű hengeres kerekcs hajtásrendszerünk beépítésére és valós viszonyok közötti tesztelésére is.

#### 4. HAJTÁSRENDSZEREK OPTIMALIZÁCIÓJA

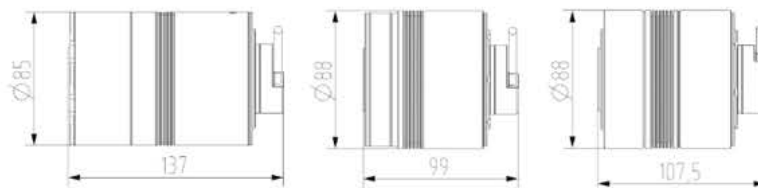
A 4. *ábrán* látható négy hajtásrendszer prototípus és az ipari manipulátoron végzett vizsgálatok referenciaként szolgáltak a továbbfejlesztett verziók kialakításánál. Az elkészült prototípusok teszteredményei azt mutatták, hogy a hengeres kerekcs változat a rugalmasabb – pohár szerű – hullámkerék miatt lényegesen kisebb ellenállás és áramfelvétel mellett csupán kis mértékben marad el a síkkerekcs hajtásrendszerek pozícionálás pontosságától. A síkkerekcs változatok beépítése különösen nagy torziós merevséget igénylő alkalmazásoknál javasolható. Jelen cikk középpontjában azonban az említett következtetések mentén a hengeres kerekcs hajtásrendszerek optimalizációja áll.

a,

b,

c,

Az új változatok fejlesztése során a moduláris felépítés helyett inkább a hajtásrendszerek működés- és méretbeli optimalizását helyeztük előtérbe. A fejlesztési irányvonalak kitűzésében, valamint a hajtásrendszerek konstrukcióinak felülvizsgálatában fontos szerepet játszott a Gép- és Terméktervezés Tanszék. A fejlesztési folyamat számos iterációs lépésből állt, amely során több prototípus is elkészült. A különböző legyártott változatok szerelhetőségét és működését alapos vizsgálatnak vetettük alá, az így szerzett tapasztalatokat pedig beépítettük a következő verziókba. A hajtásrendszerek fejlődéstörténetét a 6. *ábra* szemlélteti.



6. *ábra.* Hengeres kerekcs hullámhajtóművel szerelt hajtásrendszerek fejlődéstörténete

Balról: Hosszú poharas, rövid poharas, rövid poharas erősített kihajtó oldalú verzió

A pályázat keretei között a 4. *ábrán* látható prototípusok kihajtó oldalán robusztus keresztgörgős csapágy kapott helyet, amelynek Ø120 mm-es átmérője nagy mértékben növeli a hajtásrendszer beépítési méreteit. Emellett a hullámgenerátor egység is komplexebb, Oldham-tengelykapcsolóval ellátott kialakításban készült. Előbbit a befoglaló méretek csökkentése, utóbbit a költséghatékonyság érdekében új megoldással helyettesítettük. Oldham-tengelykapcsoló helyett megfelelő illesztések megválasztásával és az alkatrészek helyes kombinációjával az elemek egytengelyűsége biztosítható. A 6./a, *ábrán* látható a módosított kihajtó oldali csapágyazású első változat, amely működési paramétereiben megegyezik a keresztgörgős csapágygal szerelt egységgel. A pohár ebben az esetben a kihajtó tengely felől van ágyazva.

A hajtásrendszer hosszirányú méretét nagy mértékben meghatározza a rugalmas hullámkerék alakja, rövidítésével jelentősen kompaktabb hajtómű egység alakítható ki. Fontos azonban figyelembe venni, hogy a pohár hossza a hajtásrendszer hatásfokára és torziós merevségére is befolyást gyakorol. A rugalmas elem rövidítésével a hajtásrendszer csavaró igénybevétellel szemben merevebben viselkedik, ugyanakkor a periodikus deformációhoz nagyobb energiabefektetésre van szükség a BLDC motor oldaláról. A 6./b, ábrán látható hajtásrendszer ebben az összeállításban a sík- és hengeres kerek változatok tulajdonságait ötvözi, ami szűk beépítési környezet, valamint nagyobb pontosságot és merevséget igénylő alkalmazások esetében igen előnyös lehet.

A 6./c, ábrán a rövidített poharas hajtásrendszer továbbfejlesztett, robusztusabb kihajtó oldali csapággal ellátott verziója látható. Ebben egy további támaszcsapágó is helyet kapott, amely a pohár és a ház koncentricitására felel. Ez a módosítás ugyan némileg megnöveli a hajtásrendszer axiális befoglaló méretét, ugyanakkor önmagában is alkalmassá teszi azt, például egy manipulátor csuklópontjaként történő alkalmazására. Mind a három hajtásrendszer ugyanakkora befoglaló méretek mellett, a fogazat kialakításának módosításával  $i = 100$ ,  $i = 120$ , és  $i = 160$ -as áttétellel is összeállítható. A visszaállási pontosság  $i = 160$  áttétel esetében elérheti a  $0,0044^\circ$ -ot is.

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

Összességében elmondható, hogy a Wavedrive Kft. által továbbfejlesztett hajtásrendszerek fő paraméterei megfelelnek az ipari alkalmazások támasztotta követelményeknek. A projekt során szerzett tapasztalatok alapján jövőbeli terveink között szerepel a nagy pontosságú hajtóművek egyedi, szénszálas erősítésű kompozitból készült robotkarokkal történő kiegészítése, ezáltal egy versenyképes, modulárisan felépíthető robot-termékcsalád kifejlesztése.

## 7. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] [www.harmonic-drive.com](http://www.harmonic-drive.com)
- [2] Dr. Krisch R.: Síkkerekes hullámhajtóművek fejlesztése, PhD értekezés, BME, 2010.
- [3] Kardos Sz., Dr. Krisch R.: Síkkerekes hullámhajtómű alapelemeinek optimalizálása  
GÉP 2015/6. pp. 65-68.
- [4] Göncfalvi B., Dr. Krisch R., Síkkerekes hullámhajtómű család kísérleti fejlesztése és prototípusgyártása a K.K.K. 99 Kft.-nél  
GÉP 2021/3-4. pp. 31-34.
- [5] Neumann R., Dr. Krisch R.: Moduláris felépítésű, robotkarokban univerzálisan használható, nagy teljesítménysűrűségű precíziós hajtásrendszer kifejlesztése a K.K.K. 99 Kft.-nél  
GÉP 2021/3-4. pp. 53-56.



# KERÉKPÁRRA FELSZERELHETŐ PASSZÍV VÉDELMI GYERMEKÜLÉS FEJLESZTÉSE

## DEVELOPMENT OF PASSIVE SAFETY CHILD BIKE SEAT

Szigeti Gréta gépészmérnök mesterképzés hallgató, BME Gép- és Terméktervezés Tanszék, Széles  
Levente okl. gépészmérnök, EBK Hungary Kft, Kőfalvi Tamás ügyvezető, EBK Hungary Kft.

### ABSTRACT

The number of road accidents among bike riders is on the rise. In this project (project no. 2019-1.1.1-PIACI-KFI-2019-00236) we aim to increase the safety of vulnerable road users. By analyzing the age-disaggregated statistics on bicycle accidents, we found that children (age 0-4) suffer several injuries. Children at this age usually ride in a rear mounted bike seat. Child bike seat safety did not receive considerable attention from the manufacturers in recent years. Based on our market research several bike seats were evaluated and categorized based on the level of protection they provide during an accident. Considering the inadequate safety of these seats, it was evident that a safer alternative needs to be designed.

Safety can be improved with proper geometric design and with the use of energy absorbing segments. A bike seat with solely improved safety will not be marketable, thus, to make our product widespread a playful design language was chosen to attract the attention and playful mind of young children.

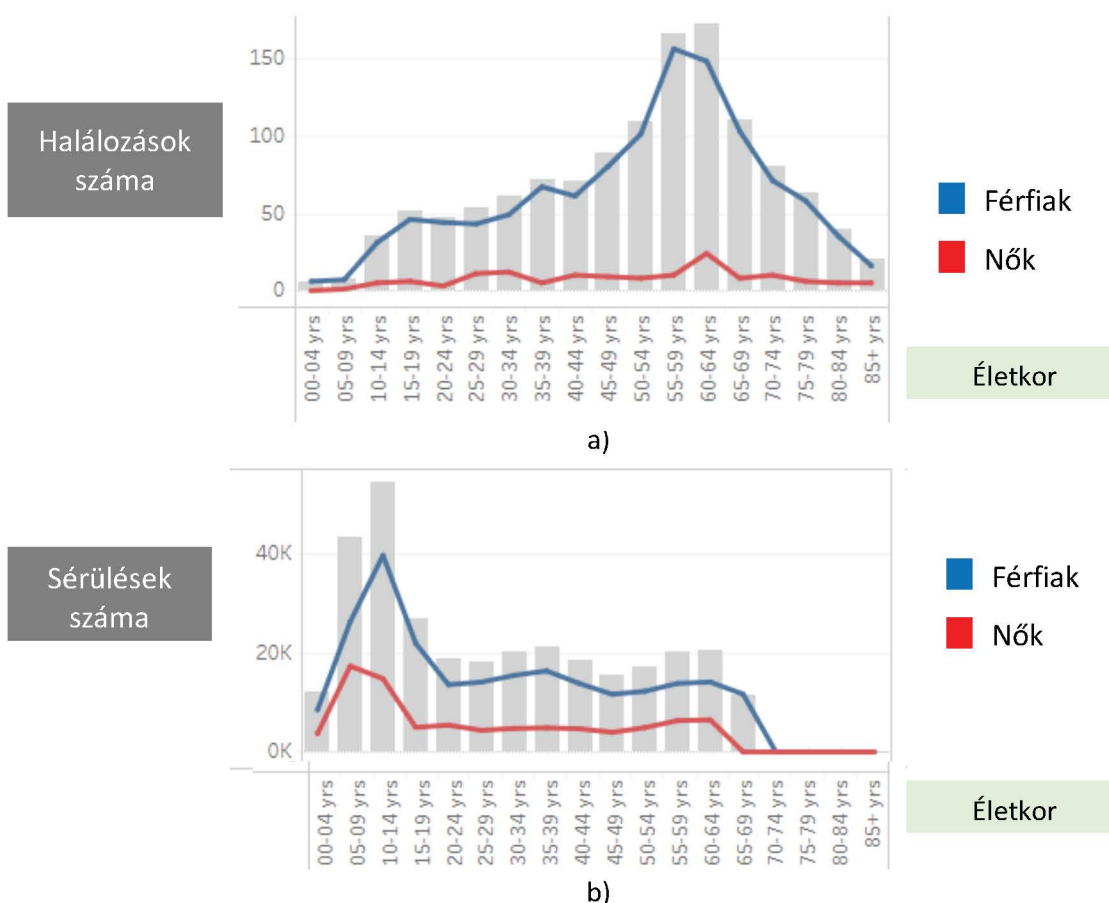
Keywords: passive safety, product development, functional design, lattice, energy absorption

### 1. BEVEZETÉS

A közúti közlekedésben egyre nagyobb számban vesznek részt kerékpárosok is. Az elmúlt években komoly hangsúlyt kapott világszerte a kerékpáros infrastruktúra fejlesztése, így nem meglepő ezen trend. A közlekedésben résztvevő kerékpárosok számának növekedése azonban (*sajnálatos módon*) a balesetek számának növekedését is magával hozta. A korrektség jegyében fontos megjegyezni, hogy a többi közlekedési résztvevő esetében sem beszélhetünk jelentős csökkenésről a balesetek számát tekintve, inkább egy közel stagnáló tendencia figyelhető meg 2013 óta [1].

A kerékpáros baleseteket tekintve két statisztikai mutatót célszerű figyelembe venni: az elkerülhető súlyos (de nem halálos) és az elkerülhető halálos balesetek számát. Az elkerülhető halálos baleseteket tekintve az elmúlt 20 évben egy riasztó, növekvő tendencia figyelhető meg [2]. Az elkerülhető súlyos, de nem halálos baleseteket tekintve az elmúlt 20 évben egy csökkenő tendencia volt megfigyelhető, egészen 2018-ig amikor is ismételt növekvő tendencia figyelhető meg [2].

A balesetek számának alakulása mellett érdemes azok eloszlásának áttekintése is életkor szerint. A 2020-as halálos, valamint nem halálos de súlyos balesetek alakulása életkor szerint az 1. ábrán kerül bemutatásra. A halálos balesetek száma az 55-65 év közötti korosztály esetében mutat kimagasló értékeket mind férfiak, mind nők esetében. A súlyos (de nem halálos) balesetek tekintetében pedig a fiatal 5 – 14 éves korosztály mutat kimagaslóan magas adatokat. Fontos megfigyelni, hogy a 0-4 éves korosztályban lévő gyermekek is számos sérülést szenvednek. A 0-4 éves és az azt követő 5-9 éves korcsoportot célszerű külön vizsgálni, mert ebben a korban a gyermekek nagyrésze (a 0-4 év közöttiek szinte teljes mértékben) még gyermekülésben vesz részt a közlekedésben.



1. ábra. Kerékpáros balesetek alakulása 2020-ban életkor szerint (a) halálos áldozatok száma, (b) nem halálos súlyos sérülések száma [2]

Az 2019-1.1.1-PIACI-KFI-2019-00236 azonosító számú projekt keretében passzív védelmi elemeket fejlesztünk védtelen közlekedési résztvevők számára. A fentebb leírt, valamint az 1. ábrán közölt adatok alapján kijelenthető, hogy a kerékpáros közlekedők védtelen közúti résztvevőknek tekinthetők, biztonságuk növelése érdekében célszerű termékfejlesztést végezni. A kerékpársok védelmét egy a fiatal gyermekek számára tervezett energiafelvevő gyermekülés fejlesztésével kívánjuk növelni. A fejlesztés menetét jelen publikációban közöljük.

## 2. FEJLESZTÉSI IRÁNY KIJELELÉSE

A fejlesztési irány kijelölése irodalom és piackutatás, valamint potenciális baleseti helyzetelemzés és termék értékelés alapján történt. Elemezve a kerékpárra szerelt gyermekülést kijelenthetjük, hogy bizonyos területeken, mint a gyermek háta és láb része bizonyos gyermekülések esetében védettnek tekinthető, míg a gyermek karja kézfeje és mellkasa teljesen védtelen (lásd 2. ábra).

A piacon számos gyermekülés kapható, melyek felépítéstől függően jelentősen eltérő védelmet nyújtanak a gyermek számára. A 3. ábrán 4 kategóriába sorolva (a-d) láthatók gyermekülések. A legegyszerűbb kivitelű gyermekülés esetébe (4.a ábra) megállapítható, hogy a gyermek feje, karja teljesen védtelen, oldal irányból is teljesen védtelen kizárólag hátulról beszélhetünk mérsékelt védelemről. Ezzel szemben a 4.d ábrán egy komoly védelmet nyújtó gyermekülés láthatunk, mely a gyermek feje lába köré is befordul.



2. ábra. Kerékpáros gyermekülés értékelése használat közben

Ugyanakkor még ezen gyermekülésről is megállítható, hogy oldal irányból teljesen védetlen, valamint egy komolyabb borulós baleset esetében sem rendelkezik kellő védelemmel.



3. ábra. Piackutatás – termékek értékelése egyre növekvő biztonsági szinttel, (a) [3], (b) [4], (c) [5], (d) [6]

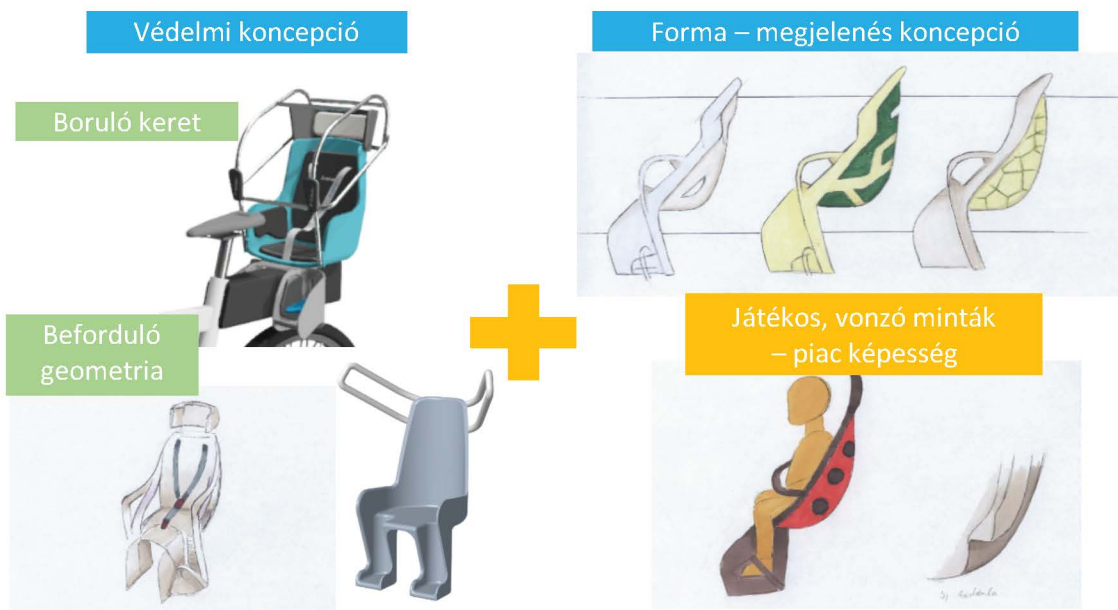
A gyermekek védelmére egy magas védelmi szintű gyermekülés fejlesztése a célunk. A baleseti energia felvételére – csillapítására passzív védelem mechanizmussal (tönkremenetel – csillapítás) dolgoznánk ki megoldást. A szóban forgó ütközési energia felvételére az additív gyártástechnológiák által realizálható lattice szerkezeteket implementálnánk. A témában felelhető számos szakirodalom alapján [7-10] tudjuk, hogy a megfelelő lattice szerkezet – megfelelő paraméterek mellett jelentős energia felvevő képességgel rendelkezik.

### 3. KONCEPCIÓ ALKOTÁS

A koncepció alkotás kezdeti szakaszában realizálódott, hogy egy növelt biztonsági szintű gyermekülés költségesebb lesz a piacon jelenleg kapható termékekhez képest. Célunk a magasfokú passzív védelem mellett egy piacképes termék létrehozása, mivel csak így tekinthető sikeresnek a termékfejlesztés, csak így növelhető a célcsoport védelme.

A koncepció alkotást két területre osztottuk: védelmi koncepció és forma – megjelenés koncepció alkotás. A gyermekülés védelmi koncepciónak megalkotása során célunk a maximális passzív védelem megalkotása volt. A termék piacképességét pedig játékos, vonzó minták beépítésével kívántuk növelni. Mint a 4. ábrán is látható a formára – megjelenésre vonatkozó koncepciók játékosak a gyermekek (és így a szülők) számára is vonzóak.



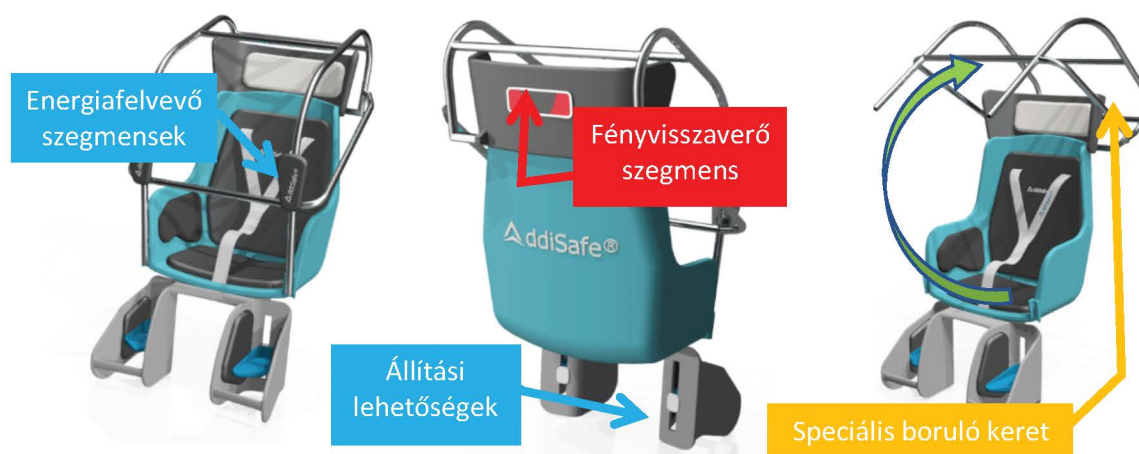


4. ábra. A koncepció alkotás alapjainak bemutatása – kétrétű koncepció képzés

A védelmi koncepciók megalkotásánál két irány mentén kezdtük meg a koncepciók képzést. Egy a gyermekülést körbe ölelő boruló keret, mely komplex védelmet nyújt az összes lehetséges baleseti helyzetben. A másik védelmi koncepció irány egy a piacon lévő termékektől jelentősebb mértékben beforduló – test követő geometriai kialakítás.

### 3.1. BORULÓ KERETTEL ELLÁTOTT KONCEPCIÓ

A koncepciók közül először a speciális boruló kerettel ellátott verziót mutatjuk be, mely az 5. ábrán látható. A koncepció alapja egy olyan felhajtható boruló keret, mely teljes mértékben körülöleli a gyereket. Egy esetleges balesetnél, borulásnál minden esetben a boruló keret a kontakt felület.



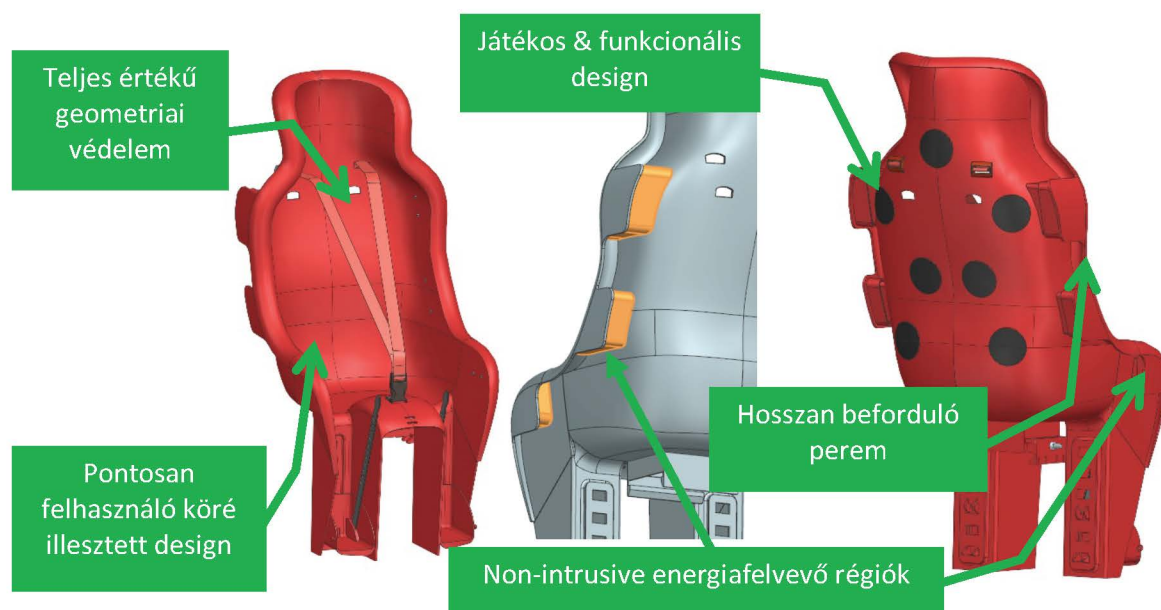
5. ábra. A boruló keretes koncepció bemutatása

A boruló keret önmagában is egy komoly védelmet nyújt a konkurens termékekhez képest, azonban az ütközési energiát nem csillapítja, kizárólag a gyermek testrészeinek beszorulását és közvetlen sérülését gátolja. A boruló keret mellett így a koncepcióban még számos energiafelvevő szegmens is helyet kapott. Ezen puha régiók olyan területekre lettek elhelyezve ahova a gyermek felütközhet. A boruló keret, habár a gyermeket védi a kerékpár másik utasára azonban növelt veszélyt jelent, éppen

ezért a boruló keret szülő felé néző részeire is energiafelvevő régiók kerültek elhelyezésre a koncepcióban.

#### 4. TERMÉKFEJLESZTÉS

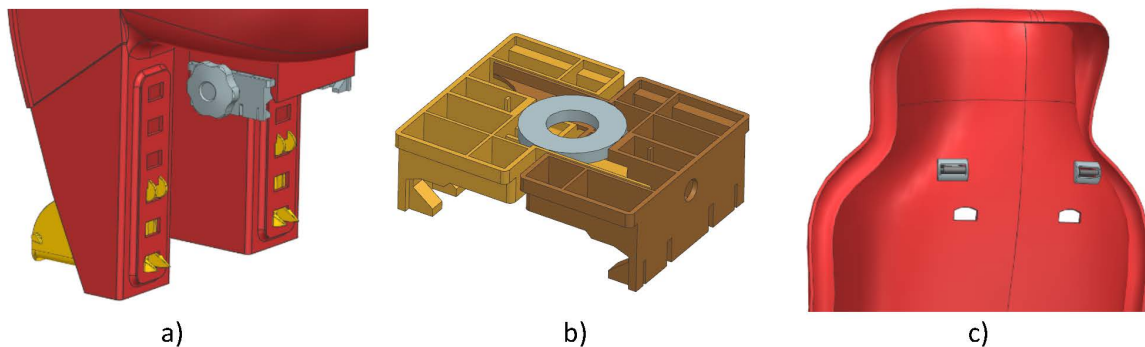
Termékfejlesztésre a beforduló geometriás változat került megválasztásra. A kidolgozás során legelőször az ülés geometriáját volt szükséges pontosítani. A maximális védelem eléréséhez az ülés a gyermeket minél jobban körbe kell ölelje, ehhez megfelelő antropometriai illesztés szükséges, melyet az erre a célra kifejlesztett ergonómiai szoftver segítségével valósítottunk meg.



6. ábra. Termékfejlesztés – beforduló geometria

A méretek és a geometria megfelelő kialakítását követően a játkos és egyben funkcionális design elemek is elhelyezésre kerültek. A gyermek méretét tökéletes követő – körbe ölelő kialakítás mellett a gyermekülés külső peremét is hosszan befordítottuk. A 6. ábrán is jelölt hosszan beforduló elem önmagában is egy rugalmas védelmi és csillapító elemként funkcionál.

A perem azonban nem kizárólag ezért került befordításra. A 6. ábrán jelölve lettek a „non-intrusive” energia felvevő régiók, melyek éppen ezen a perem alatt kerültek elhelyezésre. Az energiafelvevő régiók a baleseti terhelésnek megfelelő szerkezetű és paraméterű lattice szerkezettel kitöltött additív technológiákkal készült elemek, melyeket a fröccsöntött gyermekülésre lehet felszerelni. A perem és a gyermekülés alaposan átgondolt kialakításának köszönhetően az energiafelvevő régiók a design részét képezik nem bántóan kiemelkedő szegmensek. A koncepció képzés szakaszban említett, a termék piacképességét növelő játkos design a végleges termékfejlesztésben is megjelenik hozzáadott funkcionálisítással. A játkos – katicabogárra emlékeztető – minta elemei szintén energiafelvevő szerkezetekkel tervezett, additív technológiákkal realizált baleseti energiafelvevő régiók. A termékfejlesztés végső fázisa a termék alakítás mely során az innovatív passzív védelmi rendszerrel ellátott gyermekülés a hagyományos funkcionális elemeket is megkapja. Szabványok (DIN EN 14344) és antropometriai adatok figyelembevételével került kialakításra az állítható lábtartó, heveder rögzítő, valamint a kerékpár csomagtartó rögzítő (lásd 7. ábra)



7. ábra. Funkcionális elemek kialakítása, (a) állítható lábtartó, (b) állítható csomagtartó rögzítő, (c) állítható heveder

## 5. ÖSSZEFOGLALÁS

A kerékpáros baleseti statisztikák alapján a kijelölt fejlesztési csoport (gyermekek) számára kívántuk egy növelt passzív védelemmel ellátott gyermekülést fejleszteni. A teljes mértékben formakövető design mellett az ütközési energia felvételéért additív technológiákkal készítenő energiafelveő szegmensek felelnek. A termék kizárólag úgy tekinthető hatékonnak, ha széleskörben használatra kerül éppen ezért egy a gyermekek számára vonzó – játékos designt kapott.

## Köszönetnyilvánítás

A 2019-1.1.1-PIACI-KFI-2019-00236 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a 2019-1.1.1-PIACI-KFI pályázati program finanszírozásában valósult meg.



## 7. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] [2018 road safety statistics: what is behind the figures? \(europa.eu\).](https://ec.europa.eu/transport/themes/road-safety/)
- [2] <https://injuryfacts.nsc.org/home-and-community/safety-topics/bicycle-deaths/>
- [3] [https://www.tradeinn.com/bikeinn/en/polisport-move-guppy-junior-rear-child-bike-seat/137223805/p?\\_gl=1\\*1srk996\\*\\_up\\*MQ..&gclid=EAlaQobChMImpBbQ\\_8f4-wlVitJ3Ch3MbgkgEAQYBiABEgJ1NfD\\_BwE&gclsrc=aw.ds](https://www.tradeinn.com/bikeinn/en/polisport-move-guppy-junior-rear-child-bike-seat/137223805/p?_gl=1*1srk996*_up*MQ..&gclid=EAlaQobChMImpBbQ_8f4-wlVitJ3Ch3MbgkgEAQYBiABEgJ1NfD_BwE&gclsrc=aw.ds)
- [4] [https://www.decathlon.hu/p/gyerekules-100-as-csomagtartora-szerelhető/\\_/R-p-119955?mc=8486915](https://www.decathlon.hu/p/gyerekules-100-as-csomagtartora-szerelhető/_/R-p-119955?mc=8486915)
- [5] [https://www.decathlon.hu/p/gyerekules-hamax-chill/\\_/R-p-X8591603?mc=8591603](https://www.decathlon.hu/p/gyerekules-hamax-chill/_/R-p-X8591603?mc=8591603)
- [6] [https://www.tradeinn.com/bikeinn/en/bobike-exclusive-tour-plus-led-rear-child-bike-seat/137611916/p?\\_gl=1\\*6rhftj\\*\\_up\\*MQ..&gclid=EAlaQobChMImpBbQ\\_8f4-wlVitJ3Ch3MbgkgEAQYBiABEgJ1NfD\\_BwE&gclsrc=aw.ds](https://www.tradeinn.com/bikeinn/en/bobike-exclusive-tour-plus-led-rear-child-bike-seat/137611916/p?_gl=1*6rhftj*_up*MQ..&gclid=EAlaQobChMImpBbQ_8f4-wlVitJ3Ch3MbgkgEAQYBiABEgJ1NfD_BwE&gclsrc=aw.ds)
- [7] Vrána, R., Koutny, D., Paloušek, D., Koukal, O., Zikmund, T., & Krejci, P. (2015). Impact resistance of lattice structure made by selective laser melting technology. *Proceedings of the Euro PM*.
- [8] Vrana, R., Koutny, D., Palousek, D., & Zikmund, T. (2015). Impact resistance of lattice structure made by selective laser melting from AlSi12 alloy. *MM Sci. J*, 2015(04), 852-855.
- [9] Bohara, R. P., Linforth, S., Nguyen, T., Ghazlan, A., & Ngo, T. (2021). Novel lightweight high-energy absorbing auxetic structures guided by topology optimisation. *International Journal of Mechanical Sciences*, 211, 106793.
- [10] Yin, H., Zhang, W., Zhu, L., Meng, F., Liu, J., & Wen, G. (2022). Review on lattice structures for energy absorption properties. *Composite Structures*, 116397.



# AUTOMATIZÁLT GYÁRTÁSI UTASÍTÁSOS, EGYEDILEG AZONOSÍTOTT SÜTŐIPARI OKOSTERMÉK FEJLESZTÉSE

## DEVELOPMENT OF UNIQUELY IDENTIFIED BAKING SMART PRODUCT WITH AUTOMATED PRODUCTION INSTRUCTIONS

Héber Gábor ifj., Pr1mer Kft. (heber.gabor@pr1mer.hu), Dr. Rádics János Péter,  
BME, Gépészmérnöki Kar, Gép- és Terméktervezés Tanszék (radics.janos@gt3.bme.hu), Badakné dr.  
Kerti Katalin, MATE, Gabona és Iparinövény Technológia Tanszék (badakne.kerti.katalin@uni-  
mate.hu)

### ABSTRACT

In baking technologies, the quality of the finished product is largely influenced by the quality parameters of the raw material, the interdependence of the machines of the process units and their technical parameters. Often, a different quality of a raw material or a different adjustment of one of the parameters of a technological unit results in a finished product which is often of a very different quality and often unacceptable. This is particularly true when, in the course of a product's production trajectory, the succession of operations is separated by a large distance in space and time. This problem can be solved by the development of intelligent tools in current technologies, by teaching and self-learning and by communication between the tools. The aim of the consortium's developments was to develop a product tracking system and know-how to automatically set the parameters of the final baking of the product at the end user's oven using a QR code. This would prevent errors during the baking process, e.g. due to inaccurate settings. The final product will be of standard quality, regardless of the end user. The use of the QR-code also makes it possible to store all production parameters as information, which facilitates quality control. To achieve this, the consortium members have developed a new mathematical method for dealing with the uncertainties inherent in baking technology processes. The project has also made the production chain smarter within the plant by allowing the products in production to be tracked locally and over time, and by allowing both environmental and technological parameters of the production process to be stored as data through device communication and accessed remotely from anywhere in the world.

### 1. BEVEZETÉS

Sütőipari „okostermék” alatt, olyan készülékek, berendezések, érzékelők, számítástechnikai és egyéb IT eszközök csoportját értjük, amelyek képesek hatékonyan segíteni és kiegészíteni egy, már meglévő, működő gyártósort/rendszert annak érdekében, hogy a végeredményül kapott élelmiszeripari termék a lehető legkifogástalanabb minőségben kerüljön a vásárló asztalára. A sütőipari „okostermék” továbbá elősegíti a gyártás során felmerülő hibák, hiányosságok, szabálytalanságok, akár technikai akár humán forrásból eredőek legyenek is azok, feltárását, regisztrációját és nyomon követhetőségét.

A kifejleszteni kívánt sütőipari „okostermék” emellett lehetővé teszi, hogy minden munkafolyamat során konstans minőségű késztermék, illetve félkész termék álljon elő. Olyan, az élelmiszeriparban kötelezően alkalmazandó előírások betartását is megkönnyíti, amely ezen eszköz nélkül, kizárólag humán erőforrással csak nagyon nehezen volt kontrollálható. A sütőipari „okostermék” segítségével nemcsak kvalitatív, hanem kvantitatív mennyiségek mérése, becslése és előrejelzése is lehetővé válik. Ennek segítségével garantálható a folyamatos, állandó magas minőségű termék gyártása és nyomon követhetősége. Ennek különösen azért van nagy jelentősége, mert a sütőipari termék előállításánál térben és időben is gyakran elkülönülő tevékenységek/folyamatok sora eredményezi a végtermék létrejöttét. Éppen ezért, elengedhetetlen, hogy az egyes munkafolyamatok, egymástól jól

elkülönítve, ellenőrizhetőek és átláthatóak legyenek, illetve meglegyen a lehetőség a későbbiekben, bármelyik gyártási folyamat egyes paramétereinek/felelőseinek a visszakövethetőség és ellenőrzése. Lényegében a sütőipari „okostermék” fogalma több réttű; egyrészt konzisztens végtermék minőséget igyekszik biztosítani, valamint egy nyomonkövetési folyamatot is magában foglal.

A fejlesztésben részt vevő konzorcium tagjainak célja az volt, hogy egy olyan termék nyomonkövetési rendszert, know-howt dolgozzon ki, mely segítségével a termék végfelhasználónál történő készresütésének paraméterei automatikusan beállíthatók. Ez által megelőzhető, hogy a készresütés során — pl. a pontatlan beállítás miatt — hibák történjenek. A végtermék ezáltal — a végfelhasználótól függetlenül — standard minőségű lesz. A gyártás során használt azonosító kódok, valamint környezeti paraméter mérés alkalmazása által továbbá lehetővé válik minden gyártási paraméter információként való eltárolása, ami megkönnyíti a minőség ellenőrzést. Ennek megvalósuláshoz a konzorciumi tagok újfajta matematikai módszert dolgoztak ki a sütőipari technológia folyamatokat terhelő bizonytalanságok kezelésére.

A következőkben a termék előállítási folyamat egyes elemeit mutatjuk be, amelyek kontrollálhatóvá válnak egy ilyen intelligens termék-nyomonkövetési rendszer bevetését követően.

## 2. A RENDSZER ALAPELVE

A sütőipari „okostermék” segítségével, a termék előállítási folyamat következő szegmensei válnak kontrollálhatóvá:

- Alapanyagok regisztrálása
  - tárolási körülmények rögzítése
  - típus
  - egység jelölése (pl. zsák, edény stb.)
- Dolgozó regisztrálása
  - előkészítő
  - feldolgozó
  - válogató
  - csomagoló
- Berendezések állapotának ellenőrzése, regisztrálása
  - épség
  - tisztaság
  - műszaki paraméterek, feltételek
- Pontos mérés
  - Alapanyagok:
    - Súly
    - Hőmérséklet
    - Idő
    - Páratartalom
  - Környezet:
    - Hőmérséklet
    - Eltelt idő
    - Páratartalom

A pontos mérés kapcsán meg kell említeni, hogy az nemcsak az előkészítési fázisra, hanem a tésztakészítési, pihentetési, nyújtási, töltési, formázási, sütési és fagyasztási ciklusra is vonatkozik. Minden fázis esetében döntő jelentőségű az alapanyagok vagy a félkész termék (előtészta, zsiradék, töltelékek, felületi kenés és/vagy szórás) hőmérséklete, amely csak egy szűk intervallumon belül mozoghat. Emellett a másik jelentős tényező a páratartalom, amely szintén szűk keretek között mozoghat, hiszen helytelen megválasztása a termék minőségét nagyban befolyásolja. Mind a hőmérsékletet, mind pedig a páratartalmat a tésztakészítés környezetében is állandóan kontrollálni kell, biztosítva ezzel az ideális környezeti feltételeket a legtokéletesebb késztermék

előállításához. A pihentetési/hűtési idők állandó detektálása és ellenőrzése szintén a sütőipari „okostermék” fontos feladata. Mindezek mellett a félkész termék állagát is vizsgálni/mérni vagy legalábbis regisztrálni kell, hiszen ez ismételten döntő jelentőségű a késztermék szempontjából. Ennek jelentősége csupán akkor csökken vagy hanyagolható el, ha pl. a töltelék teljesen előre, gyárilag összeállított keverékből, megadott receptúra és eljárástechnika alapján készül.

#### 4. ANYAG ÉS MÓDSZER

Az intelligens termék-nyomonkövető rendszer lényege lényegében a meghatározott fontos technológiai paraméterek mérése, valamint az információ lépésről – lépésre történő átörökítése. A rendszer kialakításának komplexitását a jelentősen eltérő paraméterek és hordozó elemek képzik.

A termék nyomonkövető rendszerrel szemben támasztott főbb követelmények:

- A nyomonkövetési rendszer alanyát képző termékek a folyamat minden pontján történő azonosítása.
- Az egyes folyamattechnológiai elemek paraméterek mérése és rögzítése meghatározott pontosság mellett.
- Az adott folyamattechnológiai paraméter hatásainak ellenálló elemek kialakítása.
- A termék-nyomonkövetési rendszer részét képző elemeknek illeszkedniük kell a jelentősen eltérő termék-hordozó egységekhez.
- Az intelligens termék – nyomonkövető rendszer elemei képesek kell legyenek kommunikálni egymással és adatot továbbítani egy központi adatfeldolgozó és kiértékelő rendszer felé (adatátörökítés).
- Természetesen minden elem kialakítása során figyelembe veendők az esetlegesen vonatkozó élelmiszeripari szabványok, előírások.
- A rendszert úgy kell kialakítani, hogy az lehetőleg ne bonyolítsa és semmiképp se korlátozza, illetve lassítsa a jelenleg gyakorlatban lévő folyamatokat.

A fent megfogalmazott követelmények kizárólag csak a teljes követelményrendszer keretrendszerét képezik. Az egzakt követelmények megfogalmazása az adott termék paraméterei alapján lehetséges.

A termék-nyomonkövetési rendszer szükséges elemei:

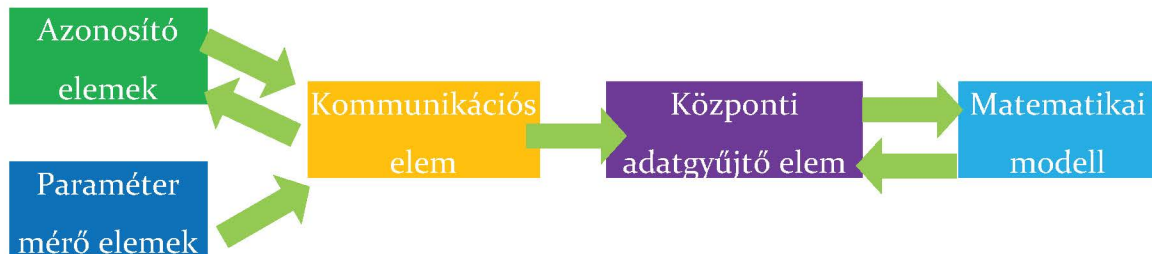
A követelményeknek eleget tevő rendszer kiépítéséhez jól definiálható elem csoportokra van szükség. Természetesen az adott elemcsoporton belül a szükséges konkrét elem a sütőipari folyamatok sokszínűsége miatt nem pontosan körülírható, azonban számos jelentősen eltérő paraméterekkel rendelkező technológiai folyamattelepre kidolgozható konkrét megoldás.

A rendszer főbb elemi (elemcsoportjai):

- Azonosító elemek:
  - Mind a termék, mind az alapanyagok mind az egyes hordozó elemek azonosítása elengedhetetlen a termék-nyomonkövetés szempontjából.
- Paraméter mérő elemek:
  - Egy (sütőipari) termék esetében számos a végtermék minőségére hatással lévő technológiai paraméter mérése szükséges.
- Kommunikációs elemek:
  - A rendszer elemei közt biztosítani kell a kommunikációt rendszerbe integrált elemekkel.
- Központi adatgyűjtő elem:
  - A mért és átörökített adatokat tárolni, esetlegesen rendszerezni szükséges. Ezen feladat ellátására termék(ek) komplexitásától függően egy dedikált elem beépítése is szükséges lehet.
- Matematikai modell:



- Az előállítási folyamat során mért paraméterek hatással vannak a termék minőségére; a kívánt minőség elérése a pontosan szabályozható pontokon történő beavatkozással van lehetőség. A hatás mértékét előzetes mérések alapján lehet determinálni; az üzemben pedig egy matematikai modell határozhatja meg a hatás mértékét. Az utósütés egy kellően pontosan szabályozható folyamat; így például a végtermék csomagolására a kívánt minőség eléréséhez szükséges paraméterek kerülnek feltüntetésre.



1. ábra. A rendszer elemei

## 5. EREDMÉNYEK

A VKE-2017-00018 című pályázat keretében az üzem és a folyamat szempontjából optimális megoldás megtalálása érdekében több eltérő termék-nyomunkövető rendszer megalkotását végeztük el. Az egyes alternatív rendszerek az alkalmazott azonosítási rendszertől függően automatizáltsági szintjükben térnek el egymástól.

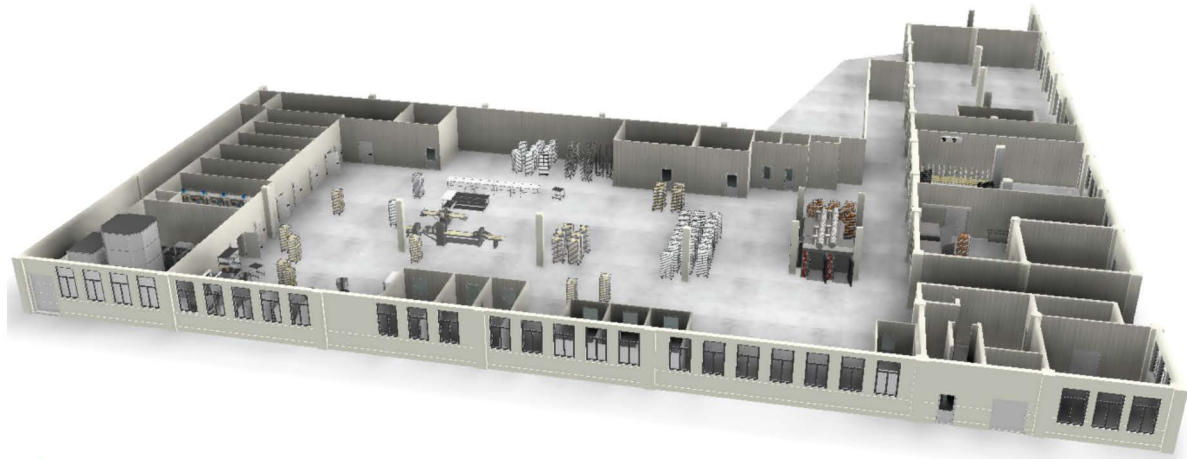
A megalkotott azonosítási lépések alaposan átgondoltak; szinte bármilyen méretű üzembe adaptálható. Az intelligens terméknymunkövető rendszert a PR1MER Kft., régi kisebb méretű ( $\approx 700 \text{ m}^2$ ), valamint új, jelentősen nagyobb méretű ( $\approx 2300 \text{ m}^2$ ) üzemére is kidolgoztuk.

A méret és elrendezésbeli különbségek szemléltetéshez tekintsük meg a két üzem 3D CAD modelljét. (Az üzem jelen esetben kizárólag a termék szempontjából releváns épület részt értjük). A kisebb méretű üzem:



2. ábra. A kisebb méretű üzem 3D CAD modellje

A nagyobb méretű üzem:



3. ábra. A nagyobb méretű üzem 3D CAD modellje

A fenti képek alapján egyértelműen látható, hogy a két üzem méretben és elrendezésben is jelentősen eltér egymástól. A pályázat keretében megalkotott rendszer; rendszerelemek azonban mindkét változatra kidogozottak – kvázi méretfüggetlenek.

#### Folyamat nyomonkövetés:

A fejlesztés során egy alkalmazás is kifejlesztésre került, amely segítségével a termékek – hordozó eszközök azonosítása automatikusan elhelyezett szenzorokkal, vagy mobil eszközzel történhet meg. Az alkalmazás a teljes folyamatot végig vezeti, amely történhet egyetlen eszközzel, vagy több, az ellenőrzési pontokon elhelyezett terminálokon keresztül. A következőkben egy sajtos pogácsa gyártási folyamatban mutatjuk be az elkészült mobilalkalmazás működését.

A termék kiválasztása után az alkalmazás automatikusan tudja az egyes hozzávalókat és az azokból szükséges mennyiségeket, továbbá az előállítási folyamatot. A recept összeállítása a lisztraktárban kezdődik. A termék kiválasztása után az alkalmazás arra utasítja a felhasználót, hogy a keverőedényt a lisztraktárba vigye és a raktárban elhelyezett mérleg fölé helyezze, majd olvassa be a keverőedényen található kódot és a liszt kódját. A mérés előtt a mérleget le kell nullázni, ezt követően átszítalással hozzáadjuk a lisztet. Amennyiben nem a megfelelő QR-kód kerül beolvasásra, úgy az alkalmazás nem engedi az előállítási folyamat folytatását. A mért tömegnek egy hibahatáron belül kell lennie, különben a program nem engedi tovább a folyamatot. Mivel a mérleg és az alkalmazás folyamatos kommunikációban vannak, a kezelőfelületen visszajelzést kapunk arról, hogy a mért tömeg a hibahatáron belül van-e. Az alkalmazás és egy okosmérleg kommunikációjának programozásához a használt szoftver nem alkalmas, ennél fogva az alapanyagok mérését és a méréssel kapcsolatos visszajelzést nem tartalmazza az elkészült alkalmazás. A recept összeállítása ezután az előkészítő térben folytatódik, ahol a további alapanyagok kerülnek bele a keverőedénybe. A folyamatleírás szerint az előkészítő térbe az egyes raktárakból – a lisztraktáron kívül – szükséges egy bizonyos mennyiségű alapanyagot kivételezni, mert ezeket a hozzávalókat itt adjuk hozzá a keverékhez. Az alapanyagok raktárakból történő kivételezésekor a kódok leolvasása szükséges, hogy tudjuk, mennyi alapanyag van még a raktárakban, továbbá, hogy az előkészítő térből később vissza lehessen rendelni a raktárakhoz. A megfelelő mennyiségű liszt keverőedénybe töltése után a keverőedényt a lisztraktárból az előkészítő térbe viszik. Az alkalmazás arra utasítja a felhasználót, hogy a keverőedényt helyezze az előkészítő térben elhelyezett mérleg fölé, majd olvassa be a keverőedényen található kódot. A mérés előtt a mérleget le kell nullázni, majd az alapanyagot a megfelelő mennyiségben a keverékhez kell adagolni. Az alkalmazás további alapanyagok kivételezésére utasítja a felhasználót. Az alapanyagok raktárból történő kivételezéséhez az alkalmazás a soron következő, kivételezni kívánt alapanyag kódjának beolvasására kéri a felhasználót. A folyamatot annyiszor kell megismételni, ahány hozzávaló szükséges a recepthez (élesztő, só, félzsíros tehéntúró, margarin, adalékanyag). A kezelőfelületen visszajelzést kapunk arról, hogy a mért tömeg a hibahatáron belül van-e. A folyamatot annyiszor kell megismételni, ahány hozzávaló szükséges a recepthez. Annak érdekében, hogy a dolgozó egy esetlegesen rosszul

mért tömeget ne adagolhasson a keverékhez, egy előre kihelyezett mérlegen kell kimérni a további alapanyagok megfelelő mennyiségét, majd a kimért mennyiséget a keverékhez adagolni.

Az alapanyagok összedolgozása, homogén állagúvá történő alakítása a dagasztótérben folytatódik, egy ikerkaros intenzív dagasztógép segítségével. A dagasztáshoz az alkalmazás arra utasítja a felhasználót, hogy beolvassa a keverőedényen és az adott dagasztógépen található kódokat. Az alkalmazás ezután arra utasítja a felhasználót, hogy állítsa be a dagasztás időtartamát. A dagasztógép elindításával egyidőben a program automatikusan elindítja a visszaszámlálót. A dagasztás meghatározott idejének letelte után az alkalmazás hangjelzést küld a felhasználó részére, hogy a feldolgozási folyamat befejeződött.

A szaggatás utáni tömeg mérésének szakaszában a ládakocsiról beérkező anyag információit kell hozzárendelni a tálca azonosítójához. A tésztaformázó gépen a szaggatás után maradék keletkezik. A maradék tészta újra felhasználásra kerül. A keletkezett maradék ládába kerül, mely ládákat azonosítani és további paraméterekkel ellátni szükséges. A maradékkal teli ládát azon a ponton kell hozzárendelni a folyamathoz, ahol bekeverésre kerül. A tálcákon lévő termékeket a tésztaformázó berendezés melletti asztalon tojással megkenik és sajttal szórják. A tojással megkent és sajttal szórt pogácsa tömegének mérése szükséges. Az alkalmazás a tojással megkent és sajttal szórt összes termék tömegének tárolására utasítja a felhasználót. Az alkalmazás arra utasítja a felhasználót, hogy a tojással megkent és sajttal szórt termékekkel teli tálcát a tálcakocsira helyezze. Ezen a ponton a tojással megkent, sajttal szórt pogácsa mért tömegével együtt örökítődnek át az adatok a tálcakocsira. A tálcakocsiban lévő ún. távozó anyagot a tálcakocsi tetején elhelyezkedő azonosító kód beolvasásával szükséges azonosítani telepített vagy kézi olvasó egység segítségével. Az alkalmazás a tálcakocsi és a dokkoló egység kódjainak beolvasására utasítja a felhasználót.

A feldolgozott tészta a következő folyamattechnológiai lépéseket (pihentetés, sütés, sokkolás) egészen a csomagolásig a tálcakocsin tölti. A továbbiakban a ládakocsi azonosításához hasonlóan azonosítjuk a tálcakocsit, a tálcák adatait (tálcan elhelyezett termékek adatai) a tálcakocsihoz rendeljük.

A formázott és előkészített tészta a folyamat következő lépéseként normális körülmények között üzemi hőmérsékleten 25 percen keresztül pihentetésre kerül. A pihentetés során a termékek maghőmérsékletének mérése szükséges. Az alkalmazás a tálcakocsi és a dokkoló egység kódjainak beolvasására utasítja a felhasználót. Az alkalmazás ezután arra utasítja a felhasználót, hogy állítsa be a pihentetés időtartamát. Az időzítő elindításával egyidőben elindul a visszaszámláló. A pihentetés meghatározott idejének letelte után az alkalmazás hangjelzést küld a felhasználó részére, hogy a pihentetési folyamat befejeződött.

A pihentetett tészta sütőtérben történő elősütése 200 °C hőmérsékleten 15 percen keresztül zajlik. A tálcakocsi sütőtérbe történő betolását követően az alkalmazás arra utasítja a felhasználót, hogy beolvassa a tálcakocsin és a sütőn található kódokat. Az alkalmazás ezután arra utasítja a felhasználót, hogy állítsa be az elősütés időtartamát. A sütő elindításával egyidőben a program automatikusan elindítja a visszaszámlálót. A sütés meghatározott idejének letelte után az alkalmazás hangjelzést küld a felhasználó részére, hogy az elősütési folyamat befejeződött. A tálcakocsi sütőtérből történő kivételéhez az alkalmazás arra utasítja a felhasználót, hogy beolvassa a tálcakocsin és a sütőn található kódokat. Az elősütési idő ugyan beállítható, azonban emberi hibából adódóan a termékek ettől függetlenül hosszabb vagy rövidebb időt tölthetnek a sütőben. A sütőbe helyezett tálcakocsi azonosításakor elindul az időzítő, amely ellenőrzi, hogy a tálcakocsi az előírt időt töltötte-e a sütőben. A tálcakocsi mindaddig a sütőben van, amíg az azonosítás újra meg nem történik a tálcakocsi kihúzásakor. Az elősütött termékek sokkoló hűtőbe kerülnek, ahol -30 °C hőmérsékleten 30 percen keresztül mélyhűtési műveleten esnek át. A sokkolás során a termékek maghőmérsékletének és a sokkoló egység belsejében kialakuló hőmérséklet mérése szükséges. A tálcakocsi sokkoló hűtőbe történő betolását követően az alkalmazás arra utasítja a felhasználót, hogy beolvassa a tálcakocsin és a sokkoló hűtőn található kódokat. Az alkalmazás ezután arra utasítja a felhasználót, hogy állítsa be a mélyhűtés időtartamát. Az időzítő elindításával egyidőben elindul a visszaszámláló. A mélyhűtés meghatározott idejének letelte után az alkalmazás hangjelzést küld a felhasználó részére, hogy a mélyhűtési folyamat befejeződött. A tálcakocsi sokkoló hűtőből történő kivételéhez az alkalmazás arra utasítja a felhasználót, hogy beolvassa a tálcakocsin és a sokkoló hűtőn található kódokat. A sütés



folyamatához hasonlóan a sokkolóban töltött idő betartása és ellenőrzése is lényeges, ugyanis a túl hosszú ideig mélyhűtött termék átfagyhat. A mélyhűtési műveleteket végző gépek technológiájából adódóan a mélyhűtési idő nem beállítható, a tálcakocsi időben történő kivétele a dolgozó feladata. A mélyhűtési művelet után a termék a csomagoló raktárba kerül. A csomagoló raktárban a csomagoló egység környezeti hőmérséklete és a csomagoló egységben töltött idő mérése szükséges. Az alkalmazás a tálcakocsi és a dokkoló egység kódjainak beolvasására utasítja a felhasználót.

A csomagolás folyamatát tekintve két különböző eset lehetséges. Többféle keverés esetén a tálcakocsin lévő tálcák kiosztásának vizsgálata szükséges. Amennyiben valahol a tálcák között üres hely látható, akkor a csomagolási egységek mérése során csak egyfajta keverés vehető le a tálcakocsiról, ekkor a dokkolóban elhelyezett szenzor érzékeli, hogy melyik keverés kerül le a tálcakocsiról. Amikor az egyik keverés csomagolása befejeződött, az üres tálcák visszahelyezése szükséges ugyanazon helyre, ahonnan korábban levételre került. Egyfajta keverés esetén a tálcakocsin lévő tálcák közül bármelyik és bármennyi szabadon levehető.

Az alkalmazás arra utasítja a felhasználót, hogy a csomagoló asztalon elhelyezett mérlegre üres tálcát tegyen, majd nullázza a mérleget. A formázott termékeket a mérlegen lévő tálcára kell feltenni. Az alkalmazás ezután 1 kg tömegű pogácsa kimérésére, majd a tálcára helyezett összes termék tömegének tárolására utasítja a felhasználót. A központi feldolgozó egység matematikai modellje az eddig begyűjtött adatok alapján egy előírt sütési időt és hőmérsékletet határoz meg. A termékeket ezután dobozba helyezik, lezárják és felcímkézik. A csomagoló raktárban töltött idő meghatározó paraméter, hiszen a termék felolvadhat, ha túl sok időt tölt a csomagoló raktárban. A csomagolóegységben töltött idő a beérkezés és a távozás közötti idő, vagyis a két azonosítás közt eltelt idő. A raktárhelyiségbe két eltérő olvasó rendszer telepítése szükséges, mert a csomagolótérbe a termék tálcakocsin érkezik, később pedig dobozba csomagolva távozik. A dobozba csomagolt egységek egyszerű azonosítása érdekében telepített olvasó egység esetén a címkék ragasztását úgy kell elvégezni, hogy az olvasó egység felé essen.

A csomagolt egységek azonosíthatók akár kézi eszközökkel. Az alkalmazás a csomagolást követően a doboz és a mélyhűtő raktár kódjainak beolvasására utasítja a felhasználót. Amennyiben az adott termék túl sok időt töltött a csomagolóegységben, akkor egy tiltó kódot kap, mely jelzi a dolgozók felé a hibát. Amennyiben a dolgozó ezt figyelmen kívül hagyja, úgy az átvevő fog erről értesülni, mert nem fogja tudni azonosítani a terméket.

## 5. EREDMÉNYEK HASZNOSULÁSA

A fejlesztés lezárásáig a kifejlesztett és megvalósított prototípus mintaüzemben és a konzorciumvezető sütőipari gyáregységében valósult meg. Utóbbi által a gyártott termékek magasabb technológiai szintű minőségbiztosítással kerülnek ki a gyártóegységből. Ennek segítségével a termelési folyamat optimalizálása, a szenzorrendszer által gyűjtött, a rendszer által a technológusok és döntéshozók felé továbbított adatok segítségével könnyen megvalósítható. A csomagoláson elhelyezett QR-kód formájában az ipari vagy lakossági felhasználó közvetlenül információt kap a termék paramétereiről, amely jelenleg kényelmi szolgáltatásként, később, a rendszer, valamint a hasonló megoldások elterjedésével felhasználói igényként rendelkezésre áll, amely piaci előnyt biztosít. A csomagolás adatai alapján, szükség esetén a termékparaméterek visszakereshetősége is megvalósul. Így a rendszer jelentősen megnöveli az élelmiszerbiztonságot a jelenleg gyártott termékek esetében is, amely a későbbiekben más gyártott termékekre is alkalmazható. Így a kidolgozott technológiai rendszer által szolgáltatott adatok segítségével az élelmiszer ellenőrzős és minősítő szervezetekkel, ipari partnerekkel való együttműködést jelentősen segíti a rendszer.

A fejlesztés eredményeként létrejött részmegoldások, vagy a teljes technológiai rendszer továbbértékesíthető más iparági szereplők számára, amely jelentős potenciált hordoz az egyre magasabb szintű élelmiszerbiztonsági, termék nyomonkövethetőségi igények megjelenése esetén. A fejlesztés keretében végzett rendszerintegráció, a konzorciumvezető telephely váltása miatt, élesben is kipróbálásra került az új üzemben megvalósult, a fejlesztés kezdetén ismerttől eltérő gyártástechnológiai folyamat és géprendszerbe történő áthangolással és integrálással. A megvalósult

gyakorlati alkalmazás, a rendszer know-how-jának továbbértékesítése esetén, ipari referenciaként szolgál.

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS, KÖVETKEZTETÉSEK

A fejlesztés kitűzött és elvárt műszaki-szakmai eredményei, az eredeti fejlesztésidokumentáció alapján, egy olyan technológiai rendszer és az ezt hasznosítani tudó prototípus kidolgozása és megvalósítása volt, amely segítségével, akár nemzetgazdasági szinten hasznosulni tudó fejlesztés valósul, amely intelligensé tett sütőipari gyártórendszer elemek segítségével megvalósítja a sütőipari termékek esetében, a sztenderd minőségű végtermék elérését abban az esetben is, ha a technológiai rendszer utolsó művelete, a készresütés a felhasználó által történik meg.

A Pr1mer kft. által vezetett konzorcium, a i eredményeként a kitűzött célok megvalósultak. A kutatási-fejlesztési részfeladatok sorával kidolgozott intelligens, a különböző iparági szereplők gyártástechnológiai gyakorlatába is illeszthető a minőségbiztosítást, termék nyomkövetést, az Ipar 4.0 elveivel összhangban alkalmazó intelligens termelésfejlesztési okosrendszer jött létre. A létrehozott technológia rendszer megvalósítja azokat a kitűzött célokat, amelyek szerint a gyártási rendszer egyes folyamatainak minden eleme szoftveres működési algoritmusok vagy szenzorok segítségével adatokat szolgáltat és a kidolgozott fuzzy-alapú matematikai algoritmus segítségével biztosítja a gyártott termékek esetében a sztenderd végtermék minőséget. A végtermék egyenletes minősége különösen fontos abban az esetben, ha az ipari gyártórendszer sütőipari félkész terméket állít elő és a technológiai rendszer utolsó eleme, a készresütés a franchise rendszerben működő értékesítési partnereknél, vagy a végfelhasználónál valósul meg. Ebben az esetben a rendszerbe integrált szenzorok segítségével folyamatosan regisztrált gyártási paraméterek alapján, a kidolgozott matematikai algoritmus segítségével történik meg a készresütés paramétereinek meghatározása, majd a kapott információ, az ipari, vagy lakossági felhasználó számára értelmezhető formában kerül a csomagolási egységekre. A fejlesztés megvalósította azt a kitűzött célt, hogy a technológiai fejlődés eredményeként létrejövő okosotthonokba beépített okosütők számára értelmezhető információ rendelkezésre álljon és a lakossági felhasználásnál alkalmazott sütők esetében, azok számára értelmezhető információként a csomagoláson vizuálisan, vagy bármely kontaktmentes adattovábbítási megoldással értelmezhető, továbbítható és megjeleníthető legyen. Az értékesítési partnerek számára a fejlesztésben kidolgozott vezérlőrendszer a meglévő sütőkbe integrálható, és az optimális termékminőség, a számított készresütési paraméterek segítségével, a hibalehetőségek kizárásával automatikusan valósuljon meg.

A rendszer, az eredeti célkitűzéseken túlmutató módon, a meglévő vállalatirányítási szoftverbe integrálhatóan felügyeli a receptek alapján kimért alapanyag mennyiségeket, regisztrálja az alapanyag-, a környezeti- és a technológiai paramétereket, majd a kritikus műveletet végző gyártóegységeknek utasítást ad a technológiai paraméterek beállítására és alkalmazására. A magas szenzorozottságnak köszönhetően, a terméknyomkövetés a gyártási folyamat minden szintjén megvalósul és így a vállalat minőségbiztosítási rendszerének részeként, a termékéletút az alapanyag beérkezésétől kezdődően a csomagolási folyamat végéig nyomkövethető és visszakereshető. Így a rendszer segítségével, mind a sütőipari félkésztermékek, mind pedig a késztermékek esetében, sztenderd minőségű végtermékek kerülhet a felhasználóhoz.

## 7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A fentiekben bemutatott 2017-1.3.1-VKE-2017-00018 számú projekt a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatással valósult meg a VKE támogatási program keretében.

# TENGERVÍZ ELEKTROLITTAL MŰKÖDŐ ÁRAMFORRÁS KIDOLGOZÁSA

## DEVELOPMENT OF A SEAWATER ELECTROLYTE POWER SOURCE

Dr. Czinkota Imre egyetemi docens; Dr. Kovács Balázs egyetemi docens; Czinkota György, villamosmérnök; Kiss Szabolcs fizikus; Tábor Viktor, témafüggetlen szakértő; ANT Kft. (ant@ant.hu)

### ABSTRACT

In the event of an accident at sea, it is vital for people in the water to be found as quickly as possible. To ensure safe localization, life jackets should be fitted with an accessory that emits light and radio signals to aid the search in the event of immersion. The main problem with these devices is the power supply, as after a very long and unpredictable standby time in seawater, they must be activated immediately and the electronics that generate the light and radio signals must be continuously supplied with energy for several days. The galvanic batteries and accumulators currently in use are not suitable for this task, as they lose their stored energy by self-discharge over a long period of time, and therefore need to be replaced and recharged at certain intervals, which requires considerable cost and organization.

In the present project, the aim is to develop a galvanic cell that uses seawater as an electrolyte. Thus, completely inert in dry conditions, its electrodes remain in operation for a virtually infinite period of time, and then, in contact with salt water, they immediately become active and remain in operation until the electrodes dissolve, for a few days if properly sized, until the electrodes are completely dissolved.

### 1. BEVEZETÉS

A tengeri baleseteknél a vízbe kerülő személyek számára létfontosságú, hogy a legrövidebb időn belül megtalálhatók legyenek. A biztonságos lokalizáció érdekében célszerű lenne a mentőmellényeket felszerelni egy olyan kiegészítéssel, mely a vízbe kerülés esetében fény és rádió jeleket sugároz a keresést elősegítve. A legnagyobb probléma ezen eszközökkel az energiaellátás, mivel egy igen hosszú, és előre kiszámíthatatlan, készenléti idő után a tengervízbe kerülve azonnal működésbe kell lépnie és néhány napig folyamatosan energiával kell ellátni a fény és rádiójeleket előállító elektronikát. A jelenleg használatos galvánelemek és akkumulátorok erre a feladatra nem alkalmasak, mivel hosszú időn keresztül önkisüléssel elvesztik a tárolt energiát, ezért bizonyos időközönként, ezeket cserélni, tölteni kell, mely jelentős költséget és szervezést igényel.

A jelen projektben egy olyan galvánelem kidolgozását tűztük ki célul, mely tengervízzel, mint elektrolittal működik. Így száraz állapotban teljesen inaktív, az elektródjai gyakorlatilag végtelen ideig üzemkészek maradnak, majd a sós tengervízzel érintkezve azonnal működésbe lépnek és az elektródok feloldódásáig, megfelelő méretezés esetén néhány napig, üzemkészek maradnak.

A tengervizes galváncellákról több szerző is beszámolt, és több szabadalom is megjelent, azonban kellően kompakt és környezetbarát megoldást nem találtunk a szakirodalomban.

### 2. A MŰKÖDÉSI ELV

Az elektromos cellák anódból, katódból és elektrolitból állnak. A jelen kutatás során az elektrolit adott, azaz az összes kísérletet tengervizes elektrolittal kell végeznünk. Fontos követelmény az is, hogy a létrehozott termék környezetbarát legyen, vagyis ne tartalmazzon olyan összetevőket, melyek a tengervízben ökotoxikus hatást váltanak ki. Emiatt jelentősen szűkül a számba jöhető anyagok

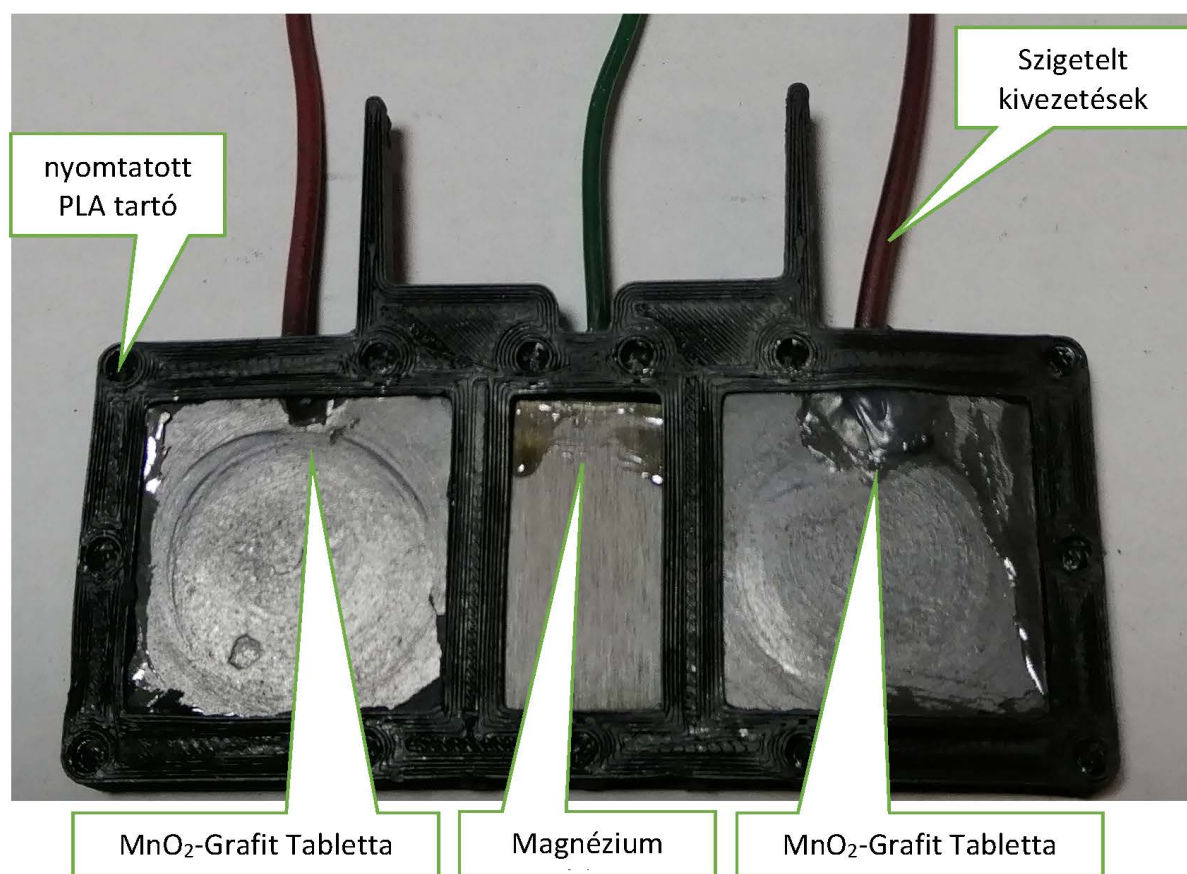


menyisége. Az elektródoknak olyan anyagokból kell készülniük, melyek megtalálhatók a tengervízben, vagy pedig ökotoxikológiai szempontból közömbösnek kell lenniük.

Egy galvánelem elektródjának két fontos feladatot kell ellátnia, egyrészt megfelelő elektródpotenciált kell létrehoznia, másrészt kellően nagy vezetőképességgel kell rendelkeznie, annak érdekében, hogy az összeállított cella belső ellenállása kellően alacsony legyen a felhasználáshoz.

Az anódanyagok általában fémes elemek, illetve ezekből állnak, így a vezetőképességgel nincs probléma, azonban a katódanyagok esetében a vezetőképességet célszerűen valamilyen, segédanyaggal kell biztosítani. A vezető segédanyaggal szemben az is követelmény, hogy ne legyen számottevő elektródpotenciálja, mert abban az esetben lokális elemek jöhetnek létre, melyek igen gyorsan tönkre tehetik az anód anyagát. Ezen szempontok figyelembevételével a vezetésre fémek nem jöhetnek szóba, viszont a grafit, mint vezető anyag kiváló, mivel oxidja légnemű, illetve vízzel reagálva oldódik, és a grafitnak nincs mérhető elektródpotenciálja a sós vizes oldatokban.

A katódokban oxidáló anyagot kell alkalmaznunk annak érdekében, hogy kellően pozitív elektródpotenciált hozzunk létre, erre például megfelelő a mangán-dioxid, azonban más hasonló vegyületek is szóba jöhetnek ilyen szempontból. Azonban ezek a vegyület nem vezetnek jól az elektromos áramot, így célszerű apróra törve, grafittal keverve alkalmazni a kellően kis ellenállás miatt. Annak érdekében, hogy szemcsék megfelelően nagy felületen érintkezzenek egymással, célszerű nagy erővel összepréselni a lehetőleg apró szemcsékből álló összetevőket.



1. ábra. A kísérleti cella képe

### 3. IPARI HÁTTÉR

Cégünk az elmúlt 30 évben folyamatosan olyan innovációkat hozott létre, melyek vagy merőben új területet hoztak létre, vagy olyan már létező megoldást dolgoztak fel, alakítottak át mely megkönnyíti vagy olcsóbbá teszi a tradicionális megoldás használatát.

A tengervízzel működő energiasejt ez utóbbi területhez tartozik.

Cégünk több, mint 10 éve foglalkozik tengeri, sós vizes közegben működő berendezések és megoldások fejlesztésével. Így a környezet kutatóink számára komfortos terület. Több munkánknál merült fel kérdésként, hogy hogyan lehetne a tenger felszíne alá energiát juttatni megbízhatóan. Akkor kezdtük el kutatni a bagdadi telep lehetőségeit. Mivel cégünk alakulása óta részese a biztonsági iparnak, így a légi- és hajózási ipar személybiztonsági kérdései és a sós vizes energiasejt, valamint együttműködésünk több légiipari földi kiszolgáló cége között adta az ötletet, hogy a komoly protokollokkal szabályozott mentőmellény funkcionális üzemképességének költségeit ezzel a megoldással jelentősen csökkenteni lehet.

#### 4. ANYAG ÉS MÓDSZER

A kísérletek alapján magnézium anód felhasználása mellett döntöttünk mivel a magnéziumnak kellően negatív az elektród potenciálja,  $-2,68\text{ V}$ , ezzel kellően nagy cellafeszültséget hozhatunk létre. A fémes magnéziumnak jó az elektromos vezetőképessége, így a cella működése során elég egy ponton kivezetést készíteni, hiszen a teljes fémtömb elektromos potenciálja közel állandó lesz. Elemi állapotban és vegyületeiben nem toxikus, semmilyen káros környezeti hatással nem rendelkezik. Száraz körülmények között védő oxidréteg gátolja a korrózióját, ezzel biztosítható, hogy a tengerbe jutás előtt tetszőleges ideig változatlan maradjon, így karbantartás mentesen lehessen standby üzemmódban tárolni. Sajnos ionos állapotban nehezen oldódó  $\text{Mg(OH)}_2$  csapadék keletkezik, amely bevonva az elektród felületét a tengervízben a másodfajú elektromos áramvezetést gátolja, azonban a folyamatosan fejlődő hidrogén gáz eltávolítja ezt a lepedéket és ezzel lehetővé teszi az ionvezetést.

A katódokban oxidáló anyagot kell alkalmaznunk annak érdekében, hogy kellően pozitív elektródpotenciált hozzunk létre, erre például megfelelő a mangán-dioxid, mely a magnéziumhoz hasonlóan nem toxikus és a környezetre nem káros. Azonban nem vezeti jól az elektromos áramot, így célszerű apróra törve, grafittal keverve alkalmazni a kellően kis ellenállás miatt. Annak érdekében, hogy szemcsék megfelelően nagy felületen érintkezzenek egymással, célszerű nagy erővel összepréselni a lehetőleg apró szemcsékből álló összetevőket. A préselés hatására a szemcsék egymáshoz tapadnak, ezzel többé-kevésbé szilárd anódayagot kapunk, azonban tiszta állapotban tapasztalataink szerint a grafit-mangándioxid keverék vízzel szembeni ellenálló képessége viszonylag kicsi, vagyis szétázik viszonylag rövid idő alatt. Emiatt célszerűnek tűnik valamilyen tapadást segítő segédanyagot alkalmazni a tapadás növelésére és a vízállóképesség elősegítésére, erre a célra igen kis arányban sztearinsavat alkalmaztunk, mely a környezetben könnyen lebomlik, hiszen a természetes zsírok fő összetevője.

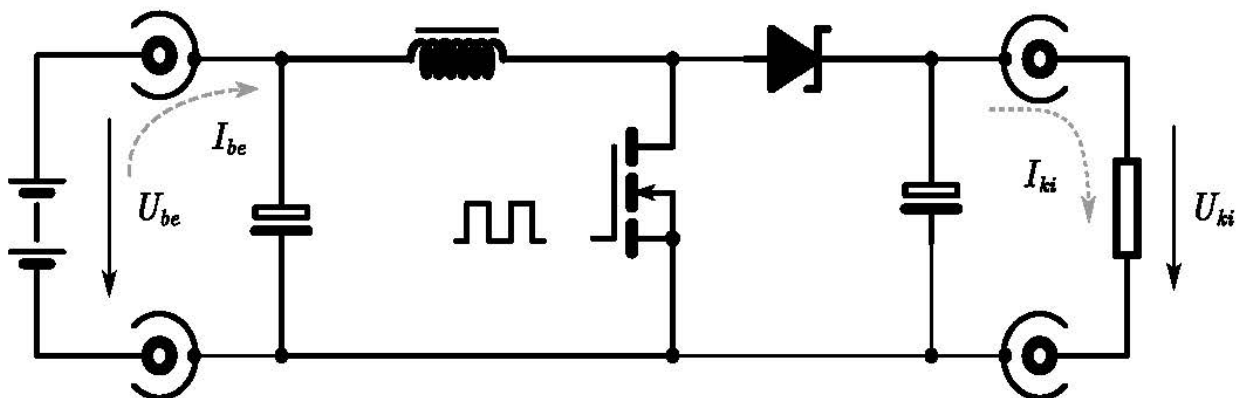
A cella összeállításához az elektródokat egy 3D nyomtatott politejsav (PLA) anyagú tokban helyeztük el. A PLA legkedvezőbb tulajdonsága a cella szempontjából, hogy a környezetben mikrobiológiai hatásra könnyen lebomlik, így nem terheli a tengereket műanyag maradékokkal. Kísérleteink során tapasztaltuk is, hogy két-három napi működés után a tartószerkezet már törékennyé vált és vékonyabb részei szétestek és már fel is oldódtak.

Ahhoz, hogy a tenger vízzel működő galvánelemek használhatóvá váljanak mindenképpen meg kell oldani, hogy a jelenlegi galváncellák egy volt körüli, illetve néha ha az alatti feszültségét valamilyen használható az elektrotechnikában használatos feszültség szintre emeljük. Klasszikus megoldás erre a célra, melyet a kereskedelmi forgalomban kapható elemeknél galváncelláknál alkalmaznak, az adott cellák sorba kötése mellyel tetszőleges mértékben emelhető az elem feszültsége. Amennyiben ceruza elemeket használunk melyek tulajdonképpen egy darab másfél voltos cellából állnak, nagyon gyakran előfordul, hogy kettőt, négyet vagy hatot sorba kell kötni, annak érdekében, hogy a keletkezett telep feszültsége kellően nagy legyen ahhoz, hogy az adott elektronikai eszköz működhessen.

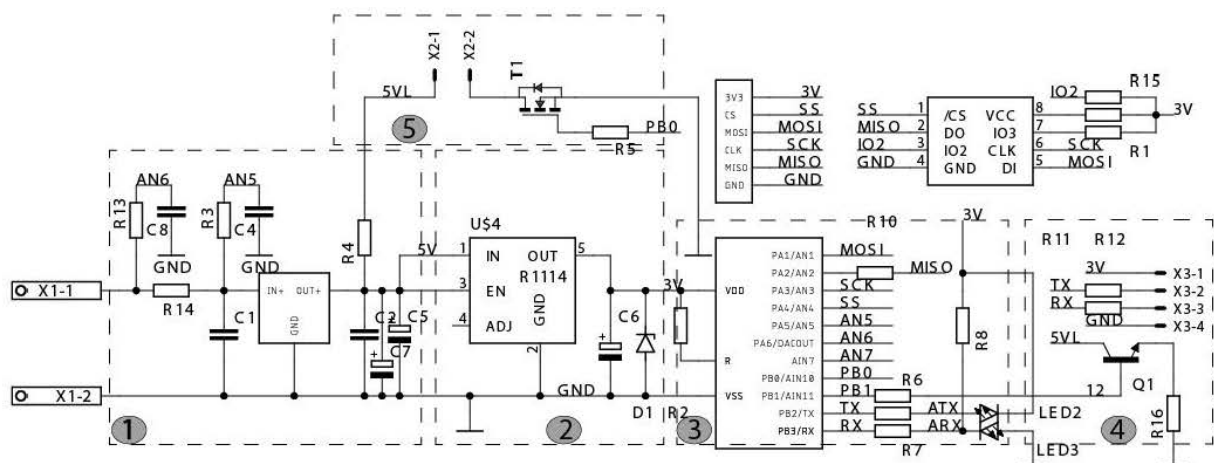
A tengervizes elektrolittal működő galvánceella esetében a sorba kötés, mint megoldás nem alkalmazható, mivel minden egyes cella közös tengervizes oldatba merül, így az összes cella az oldalon keresztül egymással galvanikus kapcsolatban van. A tengervizes elektrolittal működő galvánceella esetében a sorba kötés, mint megoldás nem alkalmazható, mivel minden egyes cella közös tengervizes oldatba merül így igazából az összes cella az oldalon keresztül egymással galvanikus kapcsolatban van. Az elektroliton keresztül létrejött galvanikus kapcsolat esetében a sorba kötött cellákkal tulajdonképpen rövidzárlatot hoznánk létre.

A közös tengervizes elektrolit nem zárja ki a cellák párhuzamos kötését. Vagyis, ha nem az a cél, hogy az adott áramforrás feszültségét növeljük, hanem az, hogy áram leadását vagy a teljesítményét, illetve a tárolt energia nagyságát emeljük, a párhuzamos kötés, mint megoldás szóba jöhet ebben az esetben is. Eddigi vizsgálataink alapján azonban megállapíthatjuk, hogy az elektródok felületének növelése ugyanolyan hatást fejt ki, mint több kisebb elektród párhuzamos kötése.

A jelenleg szabványos feszültségszintekből az öt, illetve három Volt feszültségszintekhez építettünk feszültség stabilizátor áramköröket DC-DC konverterrel.



2. ábra. A feszültségstabilizátor elvi vázlata



3. ábra. A feszültségstabilizátor kapcsolási rajza

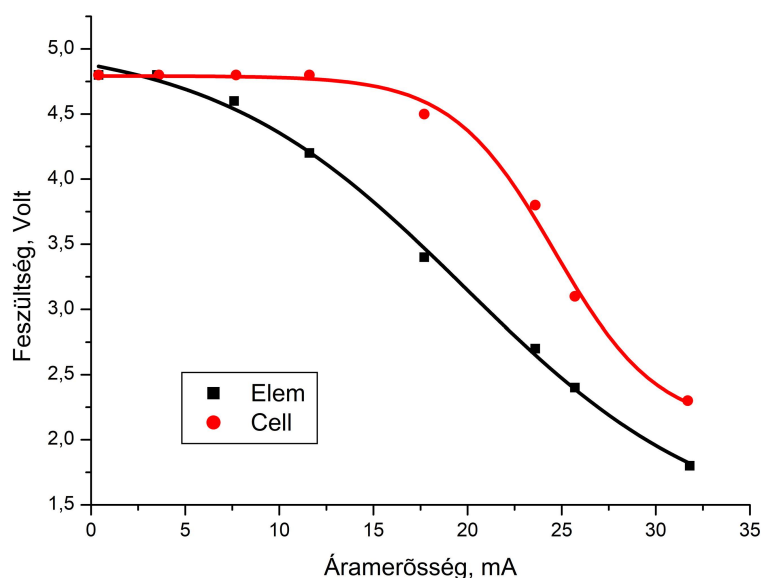
## 6. ÖSSZEFOGLALÁS, KÖVETKEZTETÉSEK

A projekt során sikerült egy olyan áramforrást kidolgozni, mely kellő teljesítménnyel képes elektromos energiát szolgáltatni a szükséges néhány napos periódusban. A 4. ábrán egy kereskedelmi forgalomban



kapható AAA alkaline elemet felhasználásával előállított stabil 5 voltos feszültséget hasonlítottunk össze a tengervizes cellával előállítottal. Jól látható az ábrán, hogy az áramerősség, azaz az állandó feszültsége leadott növekvő teljesítmény a tengervizes cella esetében összemérhető, sőt kedvezőbb, mint az alkaline elem esetében.

A tengervizes cellák ellentétben a soros kapcsolással, párhuzamosan összeköthetők, vizsgálataink szerint gyakorlatilag nem hatnak egymásra, így megfelelő méretű és/vagy számú elektródokkal gyakorlatilag tetszőleges teljesítményt előállíthatunk tengervizes cellánkkal.



4. ábra. Az 5 voltos stabilizálók esetében a tengervizes cella és egy AAA ceruzaelem stabilizált feszültségeinek összehasonlítása

A tengervizes cellák ellentétben a soros kapcsolással, párhuzamosan összeköthetők, vizsgálataink szerint gyakorlatilag nem hatnak egymásra, így megfelelő méretű és/vagy számú elektródokkal gyakorlatilag tetszőleges teljesítményt előállíthatunk tengervizes cellánkkal.

A cellák élettartamát vizsgálva, megállapítottuk, hogy az elektródok két-három nap alatt fogytak el, vagyis állt le a cellák működése, azonban ez is a terhelés függvénye, hogy mennyi ideig képes energiát szolgáltatni a cella. Ennek ismeretében teljesítménynek megfelelő elektródméretezéssel, a célzott működési néhány napos időt meg lehet oldani.

## 7. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] CN10286796B A kind of seawater battery szabadalom, 2014
- [2] CN10286796B A kind of seawater battery szabadalom, 2014
  
- [3] CN1543001A Magnesium seawater battery szabadalom, 2003
- [4] H. Zhao – P. Bian – D. Ju: Electrochemical performance of magnesium alloy and its application on the sea water battery; Journal of Environmental Sciences Supplement (2009) pp. 88–91
- [5] J. K. Kim – E. Lee – H. Kim – C. Johnson – J. Cho – Y. Kim: Rechargeable Seawater Battery and Its Electrochemical Mechanism; ChemElectroChem 2 (2015) pp. 328 – 332
  
- [6] J. K. Kim – F. Mueller – H. Kim – D. Bresser – J. S. Park – D. H. Lim – G. T. Kim – S. Passerini – Y. Kim: Rechargeable-hybrid-seawater fuel cell. NPG Asia Materials 6, (2014) e144
- [7] M. Shinohara – E. Araki – M. Mochizuki – T. Kanazawa – K. Suyehiro: Practical application of a sea-water battery in deep-sea basin and its performance; Journal of Power Sources 187 (2009) pp. 253–260

# DFM – „DESIGN FOR MODULARITY” AZAZ MODULÁRIS ELVŰ TERVEZÉS ÉS FEJLESZTÉS: ELVEK ÉS INNOVATÍV MEGOLDÁSOK A G- MAX EUROPE KFT.-NÉL

## DFM – „DESIGN FOR MODULARITY” MODULAR DESIGN AND DEVELOPMENT: PRINCIPLES AND INNOVATIVE SOLUTIONS AT G-MAX EUROPE LTD.

Dr. Gotthard Viktor okl. gépészmérnök, PhD  
egyetemi adjunktus, BME Gép- és Terméktervezés Tanszék - ügyvezető, G-MAX Europe Kft.

### ABSTRACT

Designers of today have to execute different types of generally complex tasks. Hence a new deal has been developed, which looks for design activities from aspects of specialisations. This is design according to an aspect, so called DfX (Design for X). It has several principles, which have expanded for today really serious scientific areas.

Modularity makes high level of flexibility in the area of design and producing. Hence I have nominated the method supporting these kinds of machines to Design for Modularity (DfM). The basic of DfM that one can use the advantages of modular system during design and producing phases. Modular system based on principles of DfM can be applied in all demand like to design product or machine or system. In the second part of the article I introduced some offered solutions of our company: G-MAX Europe Ltd, these solutions shows us the real properties and advantages of the modular product-family. These modular systems flexible enough in the initial phase of a project and also later, after a certain lifetime, when some properties of the system need to be modified or extended by another properties.

### KULCSSZAVAK

moduláris rendszer, DfX, DfM, rugalmas, flexibilis, modul, géptervezés, terméktervezés, Design for X

### 1. BEVEZETÉS

A moduláris elvű tervezés (DfM) a DfX technikák elvének és a moduláris rendszerek sajátosságainak keresztezésével jön létre. Azaz ebben egyesítésre kerülnek a fókuszált tervezés, valamint a rugalmas és standard elemekből álló termékcsaládok elvei. Egyben egyesíti a géptervezés és a termékfejlesztés elveit és módszertanát is – a moduláris elvű tervezés szempontjából a legoptimálisabb módon.

A G-MAX Europe Kft.-t 2019-ben alapítottuk, műszaki alkalmazástechnikai és kereskedelmi megoldásokat és szolgáltatásokat kínálunk a gépipar és a biztonságtechnika területén. Részt veszünk fejlesztésekben és KFI projektekben, de teljeskörű projekteket is elvállalunk az építőipar, épületgépész vállalkozások, termelő vállalatok és fejlesztéssel foglalkozó cégek számára. Alapelvünk a rugalmasság, amelynek záloga a magas minőségű, moduláris elemekből álló termékek alkalmazása és beépítése. Csak ezt tud számunkra és ügyfeleink számára magas műszaki színvonalú, szabadon konfigurálható és a későbbiekben rugalmasan kibővíthető megoldásokat biztosítani. Ezeket a szempontokat, elveket és megoldásokat mutatjuk be a cikk során.

### 2. DFX – DESIGN FOR „X”

A „Design for X” (röviden: DfX) azaz a bizonyos szempontból helyes tervezés technikáját igen széleskörűen alkalmazzák napjainkban a terméktervezés és a géptervezés során [1]. Mindjárt az elején pontosítsuk, hogy a fejlesztés alapvetően kétféle folyamatot takar. Az egyik lehetőség egy teljesen új termék vagy gép kifejlesztése, a másik pedig egy meglévő optimalizálása, azaz továbbfejlesztése – bizonyos elvek mentén. Ez utóbbiban tud érdemben segítségünkre lenni a DfX alkalmazása [2].



Ez természetesen nem azt jelenti, hogy adott szempont szerint optimalizálunk, míg a többi nem vesszük figyelembe, hanem hogy inkább bizonyos szempontú fókusz, kiemelés kap egy vagy két aktuálisan lényegesebb szempont, míg a további szempontokat is igyekszünk a lehető legoptimálisabban figyelembe venni.

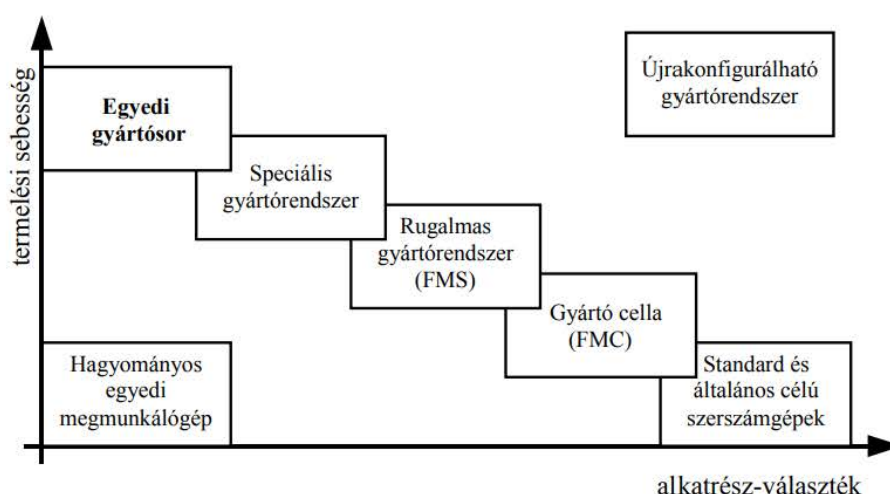
		Rövidítés	Angol kifejezés	Magyar kifejezés
DfX	A	DfA	Assembly	Szerelés
	M	DfM	Manufacturing	Gyártás
	E	DfE	Environment	Környezet
	S	DfS	Safety	Biztonság
	C	DfC	Cost	Költség
	R	DfR	Repair	Javítás
	Q	DfQ	Quality	Minőség
	F	DfF	Flexibility	Rugalmasság
	M	DfM	Modularity	Modularitás
	L	DfM	Logistics	Logisztika

1. táblázat. Az elterjedtebb DfX-technikák áttekintése.

Az 1. ábrán jól megfigyelhető a fókuszált tervezés legelterjedtebb, kiemelt szempontja. Napjainkra ezeket a szempontokat már DfX célszoftverek segítik a gyakorlatban is igen hatékonyan alkalmazni, óriási tapasztalat-alapú adatbázisba rendezett statisztikailag elemzett és feldolgozott adatok, értékek és körülmények alapján. Bár az ábrán nincs feltüntetve, de ugyanúgy helyet kap a sorban a „flexibilitás” alapú és a „modularitás” alapú tervezés is – ahogy sok egyéb kiemelt szemponttal is bővíthető.

### 3. MODULÁRIS FELÉPÍTÉSŰ RENDSZEREK

A moduláris elvű gyártósorok vagy másnéven újrakonfigurálható gyártósorok kialakítása teljesen megfelel a moduláris kialakítású rendszerekkel szemben támasztott elvárásoknak. A továbbiakban egy ilyen moduláris gyártósort és annak jellemzőit mutatom be. Jól látható az ábrán, hogy a kialakított gyártórendszerek és gyártósor megoldások hol helyezkednek el a termelési sebesség, illetve az általuk lekezelte alkatrész-választék tekintetében [3].



1. ábra. A moduláris elven felépített újrakonfigurálható gyártórendszer jellemzői.

A moduláris elemekből álló elemkészlet moduljai adott határokon belül tetszőlegesen változtathatóak, azaz variálható az elemek lehetséges kombinációja. Az ilyen elemekből felépített berendezés összeszerelése vagy beüzemelése során flexibilisen változtathatóak a moduloktól függő egyes paraméter-értékek (pl. pozíciószám, lökethossz), akár az állítható egységek segítségével, akár a modulok gyors és egyszerű cseréje révén.

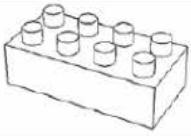



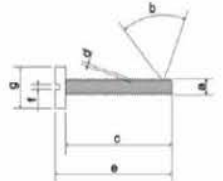
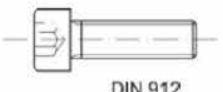
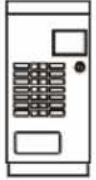
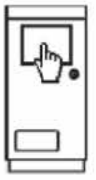

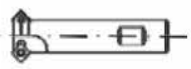




Amikor egy gyártósor már üzemel, manapság gyakran előforduló igény a típusváltás, amely (szemben a korábbi hagyományos megoldásokkal) szintén rugalmasan megoldható az elemkészlet segítségével (rövidtávú változtatás).

Az egész moduláris elemkészletet, valamint azok paraméter-értékeit elektronikus adatbázisban tárolják, és egy segédprogram kezeli, mindezek szintén rugalmasan változtathatóak a változó piaci igényeknek megfelelően (hosszútávú változtatás)

A rendszer rugalmassága még a berendezés szétszerelése után is érezhető, az egyes modulok ismételt felhasználása révén, biztosítva ezzel egy igen magas fokú újrahasznosítási arányt [4].

#### 4. FLEXIBILIS RENDSZEREK BEMUTATÁSA

Nagyon fontos szemponttá vált mostanra, hogy a kialakított rendszerek és megoldások (gépek vagy termékek) legyenek rugalmasak. Ez igaz mind az első kialakításra, azaz a minél inkább az igénynek megfelelő konfiguráció kialakítására. De ugyanúgy igaz a kialakított rendszer későbbi átalakítására: kiegészítésére vagy módosítására, a később felmerülő aktuális igények szerint. A következő ábra eltérő megoldásokra mutat rugalmas és nem-rugalmas példát.

Termék	Flexibilis jellemző	Nem flexibilis megoldás	Flexibilis megoldás
építőkocka	variálhatóság		
kerékpárnyereg	magasság-állítás		
kötőelem	szabványosan cserélhetőség		 DIN 912
vezérlőszekrény	kezelőfelület		
forgácsoló szer-szám	funkció		
villáskulcs	méret		
rögzítő-furat	pozíció		

2. ábra. Példák rugalmas és nem-rugalmas megoldásokra.

Az ábrából is látható, hogy a rugalmasság eredhet állíthatóságból, átkonfigurálhatóságból vagy a szabványos kialakításból álló cserélhetőségből. Ezeket a jellemzőket kell tehát figyelembe venni és kialakítani egy új, rugalmas rendszer, gép vagy termékcsalád kialakítása során.

## 5. A DFM JELLEMZŐI ÉS BEMUTATÁSA

Ezen tervezésmódszertani elvek, azaz a DfX technikák, a moduláris elemekből építkezés és a rugalmas rendszerek kombinációjával alakul ki a DfM (Design for Modularity) azaz a moduláris elvű tervezés. Itt is igaz a fejlesztés kapcsán már ismertetett terminológia, azaz hogy a moduláris kialakítású megoldások fejlesztése lehet egy teljesen új rendszer kifejlesztése vagy akár egy meglévő – nem rugalmas és nem moduláris – rendszer áttervezése.

A DfM, azaz a moduláris elv szerinti tervezés során az alábbi szempontok és alapelvek szem előtt tartása, illetve kialakítása a javasolt.

Alapelv	Jellemzői, leírása
MODULÁRIS ELEMOK	Alapelemek, modulok, illesztő modulok, egyedi tételek – ezek megfelelő kialakítása és kombinálási lehetősége.
RUGALMAS RENDSZER	A rendszer és az elemei legyenek alkalmasak a szabadon konfigurálásra mind az inicializáláskor, mind a továbbiakban.
SZABVÁNYOS ELEMOK	Olyan szabványos elemek választása vagy a modulok szabványosítása, amelyek gyorsan és könnyen cserélhetőek.
TECHNOLÓGIAI ILLESZTHETŐSÉG	Az egyes elemek, modulok kialakítása és működési elve egymáshoz illeszthető kell legyen.
STANDARD CSATLAKOZÁSOK	Az egyes moduláris elemek megfelelő csatlakozásának kialakítása: mechanikus és jelátvitel szempontjából.

II. táblázat. Moduláris elvek és jellemzőik.

A DfM során tehát eszerint az elvek szerinti megtervezés vagy áttervezés javasolt a moduláris elemek megfelelő kialakításához. A továbbiakban ezeket az elveket és szempontokat mutatom be, részletesebben.

### 5.1. Moduláris elemek

A moduláris rendszerek különböző típusú modulokból állnak, ezeket funkciójuk szerint is megkülönböztetjük, az áttekintésük a következő táblázatban látható.

Modul típus	Funkció	Jellemzők	Szint
Alapmodul	Alap-funkció	Nem változik, minden konstrukcióban előfordul	Mindig szükséges
Segédmodul	Segéd-, csatoló- és kapcsoló-funkció	Általában csatoló- és határoló egységek	Általában szükséges
Speciális modul	Speciális- vagy specifikus funkció	Feladatfüggő, az alapelemek speciális kiegészítői	Lehetséges
Illesztő modul	Illesztő funkció	Más rendszerhez történő adaptáláshoz szükséges	Szükséges / lehetséges
Egyedi elem	Igény-függő funkció	Feladatfüggő, speciális és egyedi igények esetén	Lehetséges

III. táblázat. Moduláris felépítésű termékcsalád elemtípusai és azok jellemzői.

Fontos, hogy a modulok kialakításánál nem csupán az aktuális, hanem a jövőbeli igényeket és elvárásokat is figyelembe kell venni. De ha nem is tudjuk előre megtervezni a jövőben szükséges moduláris elemeket nagyon lényeges, hogy szabadon és rugalmasan bővíthető legyen a moduláris elemkészlet [5].



Az egyedi elemek a mindig eltérő, nem standardizálható igények megoldásához szükségesek, azonban amint bármelyik egyedi elem előfordulása ismétlődni kezd vagy akár alváltozatai kezdenek megjelenni, érdemes azokat is beemelni a modulrendszer elemei közé.

### 5.2. Rugalmas rendszer

A rendszer rugalmassága több jellemzőből is fakadhat. Az egyik az egyes elemek rugalmassága, állíthatósága, átalakíthatósága és akár az alváltozatai. A másik az egyes elemek rugalmas kombinációiból képezhető konfigurációk kialakítása. A harmadik pedig e kettő kombinációja is lehet.

Ezekre az esetekre mutat példát az építőszekrény-elv szerinti modulok Kripáczy-féle osztályozása [6], amely a következő ábrán látható.

rendszer	építőegység	építőelemei	szimbólum	kombináció	példa
tisztá	kicsi	csak egyforma	□ □ □	□□ □□□	tégla
		csak különböző	△ ◇ ○	△◇◇○ ◇○	mérőhasáb-készlet
		egyforma és különböző	□ □ ○	□○○□ □□○○○	irodabútor-család
	nagy	szerelvény	⊗	◇○⊗□□ □□⊗◇○	hajtómű
		tartozék	⊕	□□⊕ ⊕△◇◇○	fényképező-gép
		csatlakozó	⊖	□□⊖◇○ ◇○⊖□⊖◇	öntöző-rendszer
vegyes	különleges	szerelvény	■	◇○■□□ □□■◇○	benzin-motor
		tartozék	▣	□□▣ ▣△◇◇○	
		csatlakozó	◆	□□◆◇○ ◇○◆□◆◇	

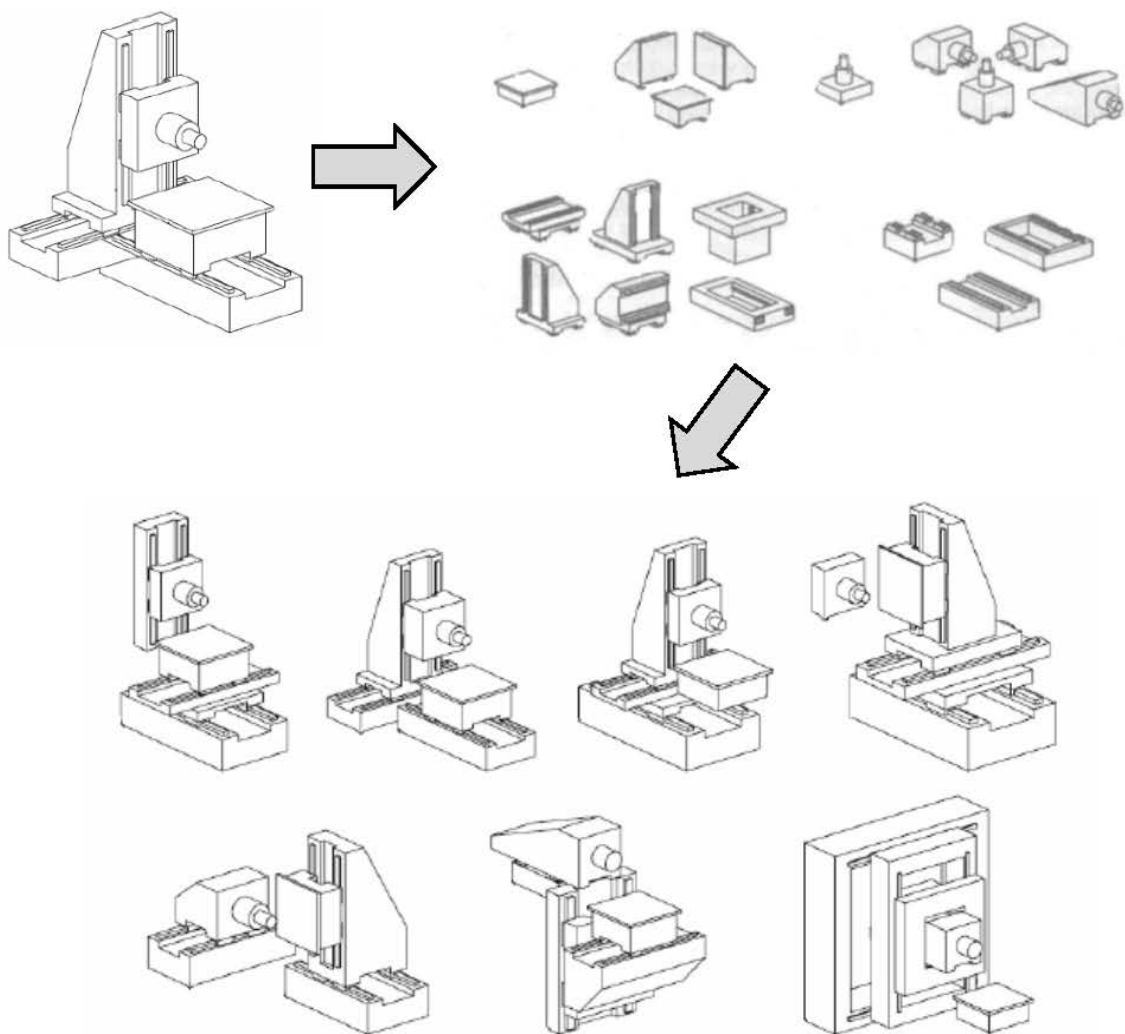
IV. táblázat. Moduláris elemek típusai, jellemzői és kombinálhatósága.

Az ábrán jól megfigyelhető az egyes rugalmasságot adó jellemzők előfordulása, jellemzői és nagyon jól szemléltetik az egyes – mindenki által ismert – példaként bemutatott megoldások és rendszerek.

### 5.3. Szabványos elemek

A moduláris rendszeren belül a szabványos elemek említése két szinten is meg tud valósulni. Az egyik, a tágabb értelmezés az általánosan elterjedt és bevezetett szabványoknak megfelelő termékek alkalmazása és kombinálása. Erre jó példa a szabványos kötőelemek, csőidomok, de akár az ezekhez szükséges szabványos szerszámok is. Ezeket a tételeket alkalmazva a moduláris elemkészletben egyben garanciát kapunk az egyszerű cserélhetőségükre, szerelésükre, karbantartásukra és kezelésükre is. Ezekre felesleges példákat bemutatnom, hiszen mindenki által jól ismertek.

A másik a szűkebben vett értelmezés, amikor az adott termékcsaládon belül alakítunk ki „belső” szabvány szerinti elemeket és modulokat, ezek kialakítása, csatlakozó felülete sztenderd és azonos lesz, így biztosítva a kombinálhatóságukat, azaz a szabad összeszerelhetőségüket és variálhatóságukat. Erre az esetre jó példa a megmunkáló szerszámgépek kialakítása, amelyek a saját termékcsaládon belül rendelkeznek szabványos kialakítású és többféle alváltozattal rendelkező moduláris elemekkel. Ezt szemlélteti a következő ábra.



3. ábra. Moduláris szerszám gép-elemek és kombinációk kialakítása.

Az ábrán jól megfigyelhető az egyik kiválasztott és igen gyakran elterjedt típus kiválasztása (bal felül). Ezután következik az egységei alapján a moduláris elemek kiválasztás, definiálása és az egyes moduloknak alváltozatok kidolgozása (jobb felül). A harmadik lépés pedig az így kapott modulok kombinálása által az elterjedtebb szerszám gép-kialakításoknak a moduláris elemekből történő felépítése [7].

#### 5.4. Technológiai illeszthetőség

További fontos elv még a moduláris elemcsaládon belül az egyes modulok egymással és a technológiával kompatibilis kialakítása. Ez igaz az egyes modulok gyártástechnológiai kialakítására, hiszen célszerű és költséghatékony, ha az egyes elemek hasonló technológiai lépésekkel gyárthatóak. De igaz továbbá az egyes funkciókat megvalósító megoldási elvek harmonizációjára is. Ha például lineáris mozgásokat szükséges megvalósítani egy berendezésen belül, akkor azonos technológiai elvek alkalmazása a preferált – például elektromechanikus vagy pneumatikus vagy hidraulikus aktuátorok alkalmazása. Hiszen, ha minden hasonló mozgást például pneumatikus elven, pneumatikus munkahengerek és aktuátorok segítségével oldunk meg, akkor az ezek működtetéséhez és kezeléséhez ugyanaz a pneumatikus rendszer lesz szükséges és elegendő [8]. Nem is beszélve a rendszer karbantartásáról vagy javításáról, hiszen ugyanazzal az ismerettel rendelkező technikus kolléga képes lesz a teljes rendszer minden elemének a cseréjére vagy szervizelésére.

Ellenkező esetben pedig – ha többféle elvet kombinálunk – akkor mindegyik alrendszerének a kiépítésére, fenntartására és működtetésére szükség lenne, ez pedig nagyon nem hatékony megoldás.

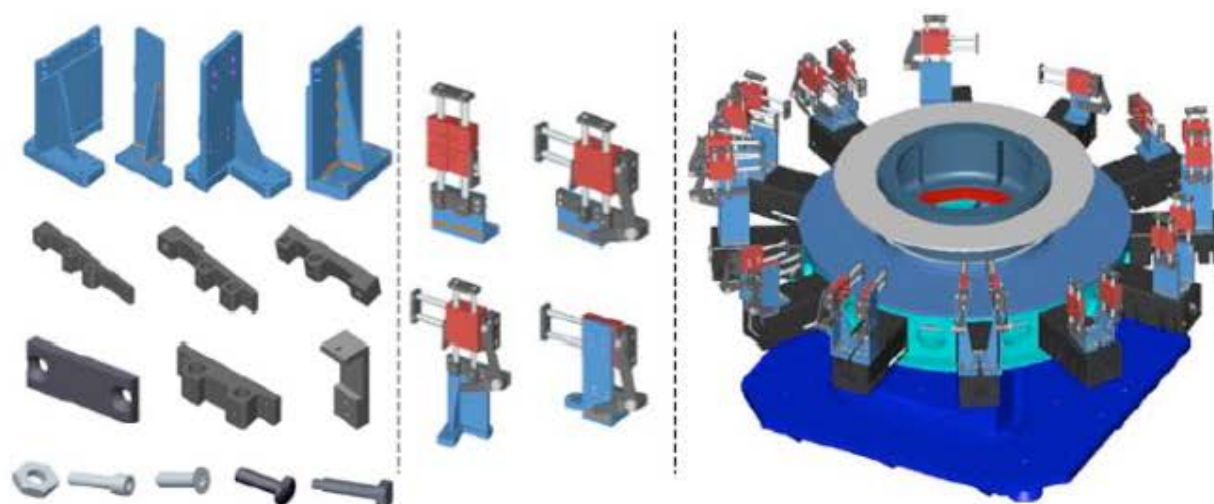
#### 5.5. Standard csatlakozások

Fontos még az egyes moduláris elemek standard csatlakozásainak a kialakítása. Ez igaz a mechanikus csatlakozásra – például az egymáshoz illeszthetőségre, tájolásra és rögzíthetőségre – azaz szerelhetőség megoldása.

De igaz az energiaátvitelre, energiaháló kialakítására az egyes modulokhoz, illetve azokon keresztül a rendszeren belül minden működő elemhez az energia eljuttatására.

Továbbá a jelátvitel is lényeges, megoldandó és standardizálandó a rendszeren belül, hiszen ez is szükséges a teljes rendszer elemeinek egymással harmonikus működéséhez.

A következő ábrán egy a felsorolt elveknek megfelelő moduláris felépítésű célgép alapelemei, konfigurált egységei és egy lehetségesen kialakított célgép látható [3].



4. ábra. Moduláris felépítésű gyártósor elemei és alkalmazásuk.

### 6. MODULÁRIS ELVŰ RENDSZEREK BEMUTATÁSA – IPARI PÉLDÁK

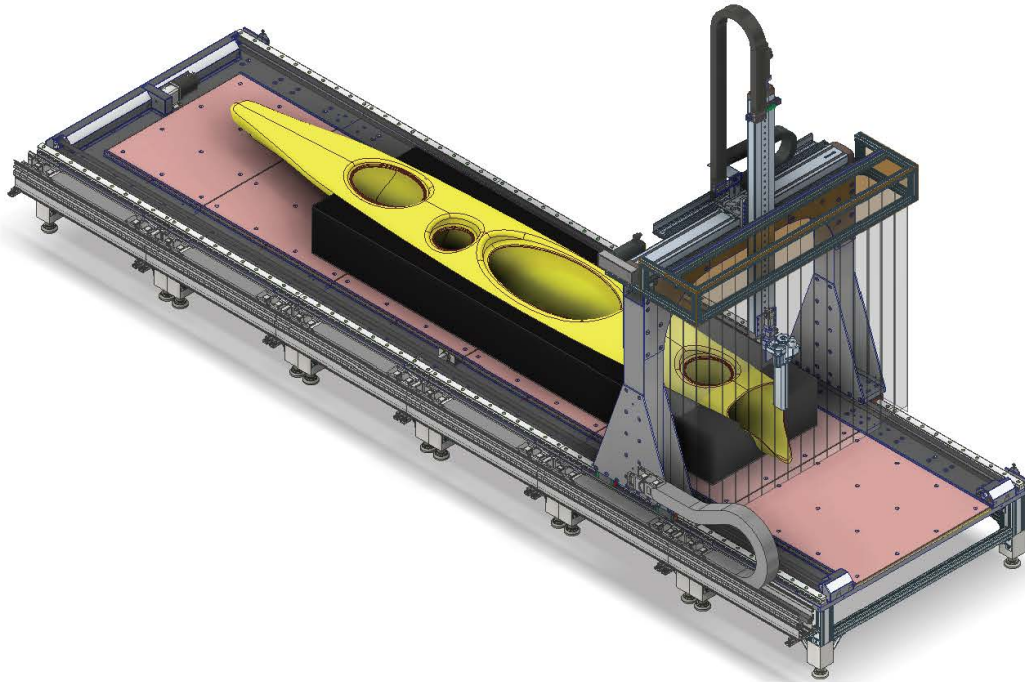
Ebben a fejezetben cégünk, a G-MAX Europe Kft. által fejlesztett, illetve kínált moduláris elvű megoldásokat és termékcsaládokat mutatunk be. Ennek során ismertetjük a rendszer kialakítását, bemutatjuk a moduláris elemeket és kiemeljük a legfontosabb jellemzőiket és a modularitásból származó előnyeiket [9].

#### 6.1. Moduláris nagyméretű 3D-nyomtató célgép

Cégünk sikeresen pályázott egy moduláris felépítésű 3D-nyomtató célgép kifejlesztésére és a prototípus legyártására. A megvalósításra 24 hónap áll a rendelkezésünkre, a pályázat (azonosító: 2021-1.1.4-GYORSÍTÓSAV-2022-00066) során három cél elérését vállaltuk, ezek az alábbiak:

- **CÉLGÉP.** Egy olyan 3D nyomtató kifejlesztése, amely moduláris elemekből áll és képes 1x1x5m-es befoglaló méretű 3D nyomtatott termék(ek) egy munkamenetben történő legyártására.
- **TERMÉKTERVEZÉS.** A cél olyan nagyméretű (maximum 5m hossz) termékek és termékcsaládok kifejlesztése, amelyeknek a gyártása a kifejlesztett berendezéssel lehetséges és indokolt.
- **RECYCLING.** A gép alkalmas lesz 100%-ban újrahasznosított alapanyagokból is terméket előállítani.





5. ábra. Egy lehetséges nagyméretű 3D-nyomtató kialakítása.

A projekt során ezek az alapvető célok, ezeknek az elérése elvárt. Fontos azonban megjegyezni, hogy a nagyméretű 3D nyomtató moduláris kialakítása számos gyártástechnológiai lehetőséget is hordoz magában. Amennyiben a rendszer megtervezésre kerül és a prototípus elkészül, igény lehet eltérő méretű berendezés gyártására is, így a moduláris kialakításnak köszönhetően – ha például valahol elég a kisebb méret és helyszűkében vannak – kialakítható lesz 1x1x4m-es berendezés is, de nyilván – ha technológiailag lehetséges, az 5m-nél hosszabb gép is kialakítható lesz, további modulokkal történő toldással. Egy másik további rugalmasságot biztosító lehetőség a 3D nyomtató modultól eltérő modulokkal való kiegészítés. Könnyen elképzelhető, ha például hajókat nyomtatunk majd a géppel, hogy más technológia megvalósítására is szükség lesz – ilyen lehet a polírozó-fej vagy akár a festékszóró modul kialakítása és integrálása a berendezésbe. Ezekkel a jövőben nemcsak új termékek előállítására, hanem régebbi termékek karbantartására vagy felújítására is lehetőség nyílik majd [10].

#### 6.2. Moduláris okos-zár (CLIQ) az elektromechanikus főkulcsrendszer

Cégünk biztonságtechnikai szolgáltatásokat is nyújt, teljeskörű kiszolgálással. Az egyik általunk gyakran alkalmazott és integrált megoldás az elektromechanikus főkulcsrendszer, amely számos moduláris elemből áll, szabadon konfigurálható a megbízó igényei szerint és a későbbiekben is rugalmasan bővíthető.

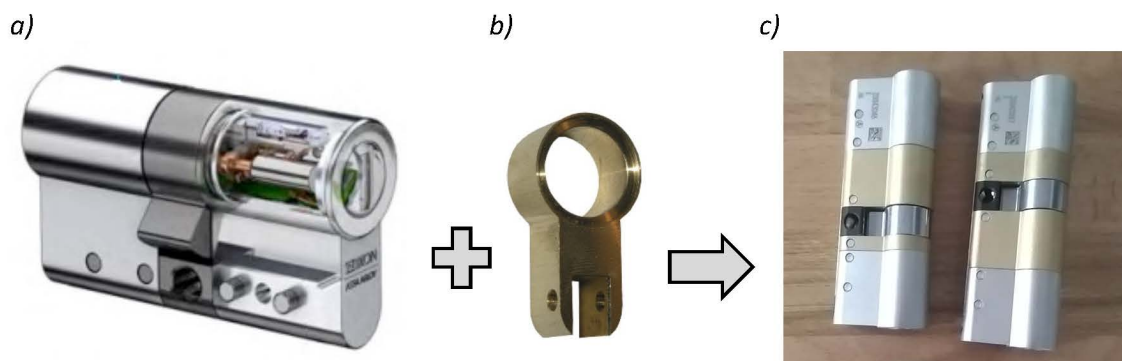
A rendszer moduláris elemei a következők:

- **KULCS.** Többféle elektromechanikus kulcs. Lehet normál vagy bluetooth technológiával is programozható. A kulcsokba elhelyezhető ún. RFID-chip is, amivel a kártyás beléptetés is megoldható.
- **ZÁR.** A zárak is többféle modulból állnak. Az egyik oldal lehet elektromechanikus (E) ez esetben kizárólag adott jogosultsággal nyitható. A másik oldal lehet tisztán mechanikus (M), ez esetben jogosultság nélkül is nyitható a megfelelő kulccsal – például tűz eseti gyors kijutás megoldása. A zárakhoz 5mm-es és 10mm-es toldóelemek is kaphatóak, így létrehozható mindig az adott ajtó vastágához illő, szükséges hosszúnak megfelelő zárbetét.
- **PROGRAMOZÓ EGYSÉG.** A rendszeren belüli elemek és a jogosultságok programozására (kezdetben vagy később bármikor) többféle programozási lehetőség is rendelkezésre áll. Létezik PC-s programozó egység, felhő alapú megoldás és bluetooth-on keresztül mobiltelefonról vagy tabletről is programozható.



6. ábra. CLIQ kulcsok (a) és programozási lehetőségek (b).

A rendszer olyan elektromechanikus cilindrzárbetétekkel és hozzájuk tartozó kulcsokkal rendelkezik, amelyek utólag, szoftveresen programozhatóak, hogy ki, melyik kulccsal melyik zárat és mikor nyithatja vagy zárhatja. A jogosultságok utólag is rugalmasan módosíthatók, köszönhetően a többféle programozási lehetőségnek – úgy, hogy az érintett kulcsnak nem is kell nálunk lennie. Azaz egy kulcs például elhagyás esetén a távollétében is letiltható.



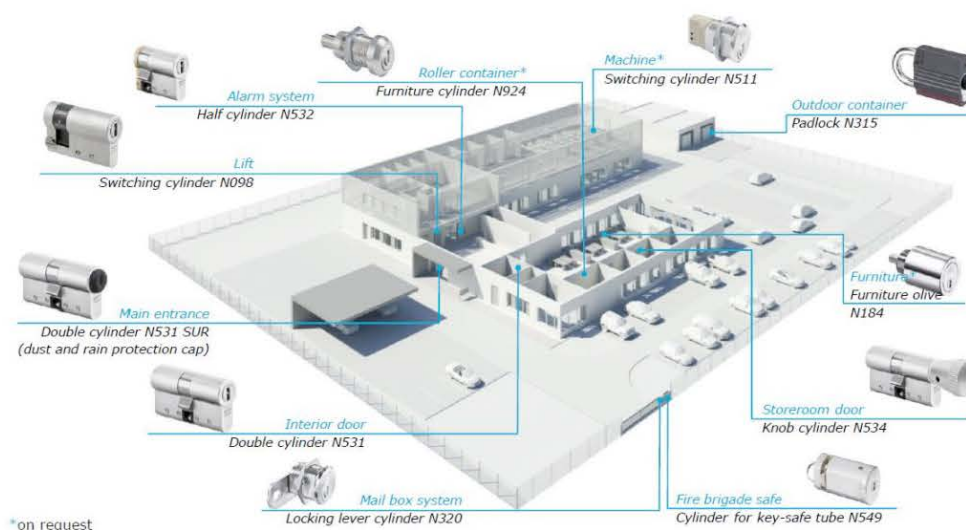
7. ábra. CLIQ zárbetét kialakítása és szerkezete (a), toldó elem (b), eltérő hosszú megoldások (c).

A rendszer nagyfokú rugalmassága onnan is ered, hogy teljesen vezetékmentes megoldás, hiszen a zárban lévő elektronikát a kulcsban lévő elem működteti – amely azonos az autók slusszkulcsában lévő elemekkel. Tehát az iroda költözése esetén a beléptetőrendszer is rugalmasan elvihető, de a meglévő telephely bővítése esetén is nagyon gyorsan kiegészíthető. Köszönhetően a vezetékmentes kialakításnak a zárok telepítése egy párperces művelet.



8. ábra. CLIQ zárbetétek – valamennyi elterjedt kialakítás elérhető elektronikus változatban is.

A rendszer naplóz minden nyitási és zárási eseményt, de még a próbálkozásokat is (azaz amikor valaki a kulcsával olyan zárat próbált nyitni, amelyikhez nem vagy esetleg már nem volt jogosultsága).

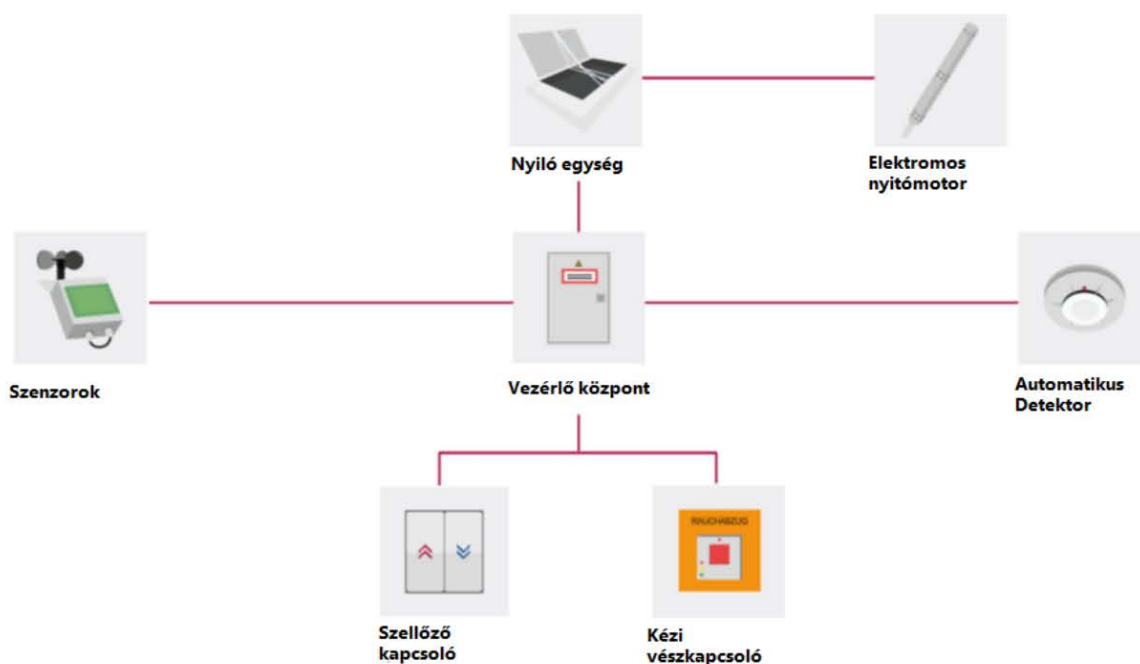


9. ábra. CLIQ teljeskörű megoldások a felhasználók igényei szerint.

Ezeknek a moduláris elemeknek és a rugalmas kombinálhatóságnak köszönhető, hogy a felhasználó igényeihez testre szabjuk a megoldást az első konfiguráláskor vagy később, bármikor.

### 6.3. Moduláris hő- és füstelvezető (RWA) rendszerek

Cégünk másik biztonságtechnikai szolgáltatása hő- és füstelvezető rendszerek (köznyelvben: RWA vagy magyarul HFR) teljeskörű szolgáltatása (tervezés, beszerzés, telepítés, beüzemelés, szervíz), ezeket a megoldásokat is moduláris elemekből konfiguráljuk és építjük ki a hatályos jogszabályoknak megfelelően és a megbízó igényeihez igazítva.



10. ábra. Hő- és füstelvezető rendszer (RWA) moduljai.



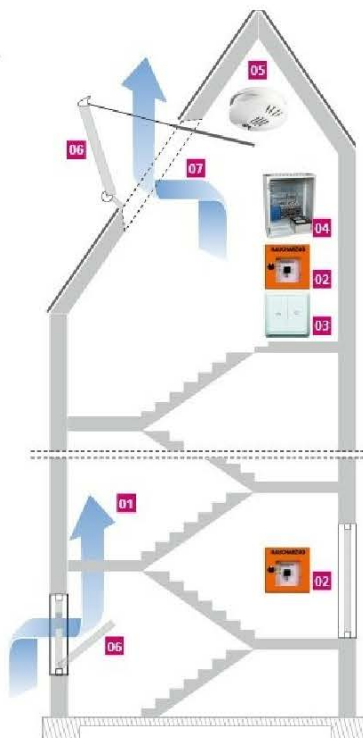
A rendszer moduláris elemei a következők:

- **KÖZPONT.** Szabvány szerinti 24V DC és komfort szellőztetésre használható 230V AC motormozgató modulokkal, amelyet időjárás érzékelő modullal, szél- és esőérzékelővel kiegészítve akár automatán is használhatunk naponta előre beállított rövid átszellőztetésekre, amennyiben az időjárás engedi. Az átjelző- és füstszakasz moduloknak köszönhetően tetszőlegesen szétbontható az épület külön szakaszokra és az előre beprogramozott logikai átjelzésekre épület menedzsment rendszer vagy tűzjelző felé.
- **AKKUMULÁTOROK.** A tűzvédelmi szabályoknak megfelelően minden vezérlés az adott rendszert illetően áramkimaradás esetén is 72 órán belül egyszeri nyitást biztosít.
- **NYILÓ EGYSÉG.** Nyílászáró(k) a tetőn vagy a legfelső szinten, amelyen keresztül a nyitómotornak köszönhetően a hő- és füst távozik és a földszinti ajtó(k), amin keresztül motoros nyitás után a frisslevegő az épületbe áramolhat, miközben menekülhetnek a bent tartózkodó személyek.
- **VÉSZJELZŐ NYOMÓGOMB.** A rendszer kézzel is indítható vész esetén a vészkapcsolóknak köszönhetően, amik a menekülési útvonalakon és szintenként is megtalálhatók.
- **KOMFORT SZELLŐZTETŐ KAPCSOLÓ.** Billenő, vagy kulcsos kapcsoló, ami szellőztetésre nyithatóvá teszi az emeleti és tetőtéri nyílászárókat.
- **SZÉL- ÉS ESŐÉRZÉKELŐ.** Automata és kézi szellőztetés esetén az előre beprogramozott értékhatáron belül engedélyezi a nyitást, értékhatáron túl meggátolja vagy visszacsukja az ablakokat. Tűz, vagy vészesetben a vezérlés felülírja az érzékelőt és minden nyílászárót a rajta lévő nyitómotor maximális nyitásszögig nyit.

A kéményhatás elvén működő rendszer a legalacsonyabb és a lemagasabb ponton nyílászárók nyitásával, vagy kombinálva befúvással/elszívással gravitációs hő- és füstelvezető csatornát hoz létre a bent tartózkodók füstmentes térben történő menekülésére/menekítésére és az épület tetőszerkezetének hőterhelés csökkentése végett megóvva azt a beomlástól. Sajnálatos hazai példáink, ahol tűz esetén nem volt HFR (hő- és füstelvezető rendszer): BS – 1999, TF Tornacsarnok – 2016.

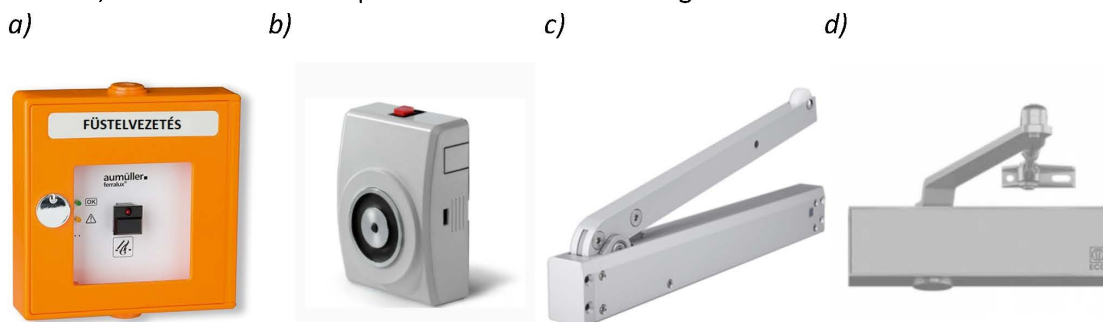
#### Rendszer elemek

- 01 Frisslevegő utánpótlás
- 02 Kézi vészkapcsoló
- 03 Szellőztető kapcsoló
- 04 Vezérlő központ
- 05 Füstérzékelő
- 06 Nyitó motor
- 07 Füstelvezetés

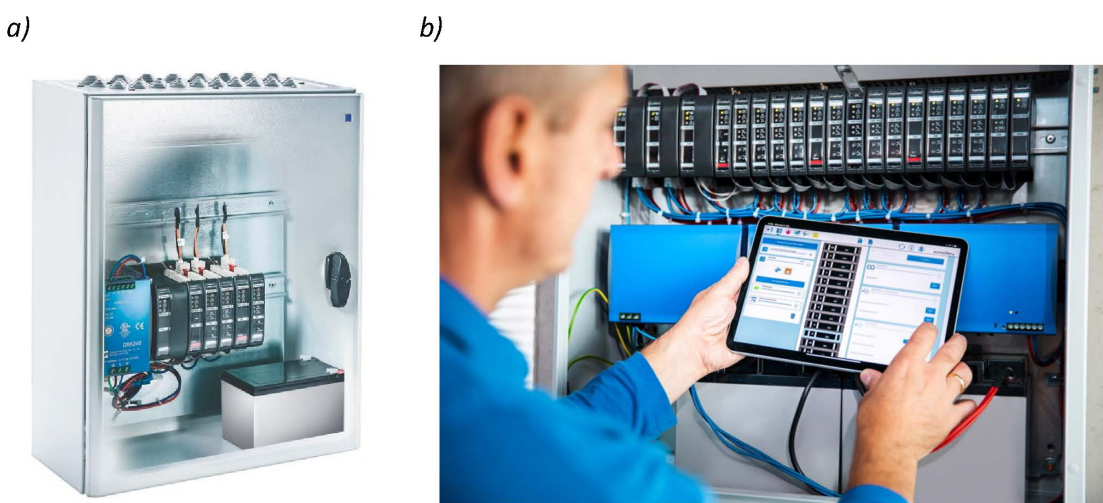


11. ábra. Moduláris RWA-rendszer integrálása.

Az adott épület elrendezése alapján a menekülési útvonalak füstmentesen tartásához szükséges nyílászárók mozgatásához és az egyéb füstmentesítésben résztvevő gépészeti eszközök működtetését látja el a hő- és füstelvezető vezérlés, amely a tervezői és beruházói igények alapján modulárisan építhető fel, valamint a későbbi épületbővítések esetén is rugalmasan módosítható.



12. ábra. Moduláris RWA-rendszer elemei: vészjelző (a), mágnes (b), ajtónyitó (c), ajtócsukó (d).



13. ábra. Moduláris RWA-központ szerkezete (a) és programozása (b).

Az RWA rendszernek köszönhetően a tűz kialakulásának korai szakaszában elvezetett füsttel megmenekülhet mindenki, valamint az épület hőterhelésének csökkentése miatt nem fog összedőlni az oltás megkezdése előtt.

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

A bemutatottakat röviden összefoglalva látható, hogy a DfM-nek, azaz moduláris elvű tervezésnek és kialakításnak igen fontos szerepe van a tervezésmódszertani folyamatok és a DfX technikák között. Ezzel a módszerrel lehet kialakítani olyan termékeket, berendezéseket és rendszereket, amelyek eleget tesznek korunk minőségi, rugalmassági és kialakítási igényeinek. A moduláris rendszer standard elemeket és modulokat tartalmaz, amelyek sok esetben több alváltozattal is rendelkeznek.

Az áttekintett ipari példák jól bemutatják a moduláris tervezés több, eltérő területen is fennálló létjogosultságát és a megfelelő alkalmasságát. A DfM elvét alkalmazva számos egyéb területen kialakítható moduláris elven felépülő termékcsalád vagy moduláris elemkészletből felépíthetővé tehetőek az eddig egyedileg tervezett termékek vagy berendezések. Az elv és a módszer tehát bármely területen rugalmasan és igen jó eredményekkel alkalmazható, ha lenne ilyen igénye, de kétségei lennének, forduljon hozzánk bátran!

## 5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cégünk pályázati kutatását a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (NKFIH) támogatja a 2021-1.1.4-GYORSÍTÓSÁV-2022-00066 azonosítószámú, projekt keretében.

## 7. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Bercsey T.: A termékfejlesztés és tervezés innovatív módszere, Géptervezők és Termékfejlesztők XX. Országos Szemináriuma, Miskolc, 2004.
- [2] Andreassen M. M.: Multi product development: New models and concepts, 15. Symposium "Design for X" Neukirchen, October 14-15, 2004.
- [3] Dr. Gotthard V.: Moduláris felépítésű gyártósorok tervezésének elmélete és gyakorlata, PhD értekezés, BME, 2008.
- [4] Boothroyd G., Dewhursts P.: Product Design for Assembly – Handbook, BDI, Wakefield, 1987.
- [5] Gerhart S. The road to modular assembly, Electronic Packaging and Production, Vol. 39 (5), Cahners Publishing, New York, 1999.
- [6] Kripácz F.: Az "építőszekrény"-rendszer alkalmazása a technikában, KGM-MTPI, Budapest, 1963.
- [7] Németh I.: 3-tengelyes szerszámgépek felépítési változatainak tervezése, BME Gépgyártástechnológia Tanszékének oktatási segédlete, Budapest, 2004.
- [8] K. Roth: "Tervezés katalógussal" (Berlin-Heidelberg-New York), Springer-Verlag, 1982.
- [9] [www.g-max.hu](http://www.g-max.hu)
- [10] G. Pahl, W. Beitz: "A géptervezés elmélete és gyakorlata" (Budapest, Hungary) Műszaki Könyvkiadó, 1981.



# NAGY HOZZÁADOTT ÉRTÉKŰ, SOUS-VIDE ÉS HHP ELJÁRÁSSAL KOMBINÁLT, HOSSZAN ELTARTHATÓ ELŐKÉSZÍTETT HÚSOK IPAR 4.0 SZINTŰ GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJÁNAK FEJLESZTÉSE ÉLELMISZERBIZTONSÁGI ÉS MINŐSÉGI CÉLLAL

## DEVELOPMENT OF INDUSTRY 4.0 LEVEL PRODUCTION TECHNOLOGY FOR LONG SHELF-LIFE PREPARED MEAT COMBINED WITH HIGH VALUE-ADDED SOUS-VIDE AND HHP PROCESSES FOR FOOD SAFETY AND QUALITY

Dely Ferenc villamos-üzem-mérnök (df@d-g.hu),  
Molnár Dániel ügyvezető, Voyagex Morini Kft. (Molnard@rozmar.hu)



### ABSTRACT

In line with the consumer needs of the present age, the demand has also increased significantly for healthy, highly prepared, ready-to-eat, so-called convenience meat products. To satisfy this, poultry meat, rich in polyunsaturated fatty acids, near-natural game meat and pork are excellent raw materials. Using sous-vide technology, the character of the prepared, ready-to-eat products is created. Marinating for aromas and shelf life, while HHP (High Hydrostatic Pressure) technology is a safety treatment for products. The combination of the appropriate and necessary combination of the applied technologies results in the creation of high-value-added, high-value-added food products with the desired high quality and longer shelf life. As a result of the advanced food technologies and the innovative methods used in production, high value-added foods are produced. Productivity and profitability should also be considered as primary priorities in industrial feasibility. In the production of 5-10 tons of finished product per day, the planning and precise determination of the residence time of the product is essential for each production step, since there is currently no automated processing and “manufacturing” line in the market based on sous-vide technology that provides a solution for reliable and (food) safe industrial production on an industrial scale. The use of these technologies and the strict development and application of production controls can generally improve food safety criteria relevant to consumer protection. Deterioration processes during storage can be delayed, and sensory properties can be stabilized over a longer period of time. The complete technology provides an opportunity to display locally produced and geographically specific products. The establishment of the appropriate logistics network and the necessary refrigeration chain also means the introduction of the international market, so that the products can be sold more widely. The determination of critical points production and plant organization beyond HACCP also ensures the conformity of the products. The line of technology to be developed as part of this project will result in the emergence of a new product and a new combined technology, and in the process, close cooperation between the producer, processor and sales side will also appear. **Based on the call GINOP Plusz-2.1.1-21 announced by the Ministry of Finance as Sponsor on 30.07.2021 within the framework of the Economic Development and Innovation Operative Program Plusz, the implementer of project number GINOP\_PLUSZ-2.1.1-21-2022-00163 is VOYAGEX MORINI Külkereskedelmi Kft., as Beneficiary.**

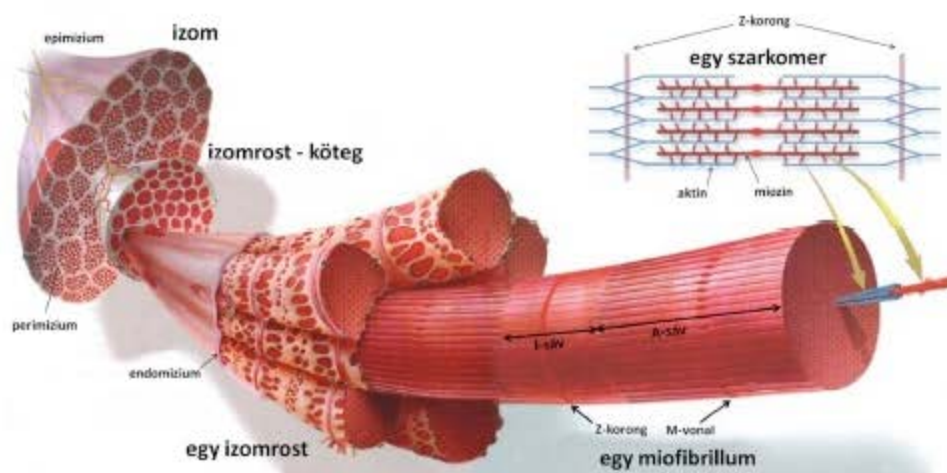
## 1. BEVEZETÉS

A jelen kor fogyasztói igényével összhangban a kereslet is jelentősen megnőtt az egészséges, nagy készütségi fokú, konyhakész, ún. kényelmi hústermékek iránt. Ennek kielégítésére a nagy fehérjetartalmú, többszörösen telítetlen zsírsavakban gazdag baromfi- és vadhús, a sertéshús kitűnő alapanyag. Az ételkészítésre és előkészítésre fordított idő lecsökkent, az előkészítés feltételrendszere sok esetben nem biztosított. Ez jelentős piaci lehetőséget jelent az élelmiszerszektorban, amit jól mutat az import előkészített húsok kiskereskedelemben való megjelenése. Stratégiai kérdés, hogy hazai feldolgozók biztosítsák a biztonságos és hosszan eltartható előkészített húsokat a hazai és a nemzetközi élelmiszer kereskedelem számára. Ehhez - túllépve a kisüzemi és háztartási ételkészítési technológiákon - léptéknövelésre van szükség mennyiségi és technológiai téren egyaránt. A megoldás egy Ipar 4.0 szemléletű technológia kidolgozása és a termékek élelmiszerbiztonsági célú fejlesztése. A sous-vide technológia alkalmazásával az előkészített, konyhakész termékek karaktere kerül kialakításra. A marinálás az aromák és az eltarthatóság szempontjából, míg a HHP (High Hydrostatic Pressure – nagy hidrosztatikus nyomáskezelés) technológia a biztonsági kezelést jelenti a termékek számára. Az alkalmazott technológiák megfelelő és szükséges kombinációjának összessége eredményezi a kívánt magas minőségű és hosszabb eltarthatósági idővel rendelkező, minden eddiginél biztonságosabb, nagy hozzáadott értékű élelmiszerek létrejöttét.

## 2. A MŰKÖDÉSI ELV

A hús átlagosan mintegy 75% vizet, 20% fehérjét, 5% zsírt és egyéb anyagokat tartalmaz. A hús pontos összetételét befolyásolja a húsrész helye; a testtáj, az állat fajtája, neme, kora, tápláltsága, általános fizikai állapota, a tartásának körülményei. [2]

Az izomszövet legnagyobb részt harántcsíkolt izomnyalábokból áll, melyet több izomrost alkot. Ezek belsejében helyezkednek el a miofibrillumok. (1. ábra) Az izomrostok kötőszöveti rostokból álló inakkal kapcsolódnak a csontokhoz, ízületekhez. A mozgáshoz szükséges erőátvitel ezeken a pontokon valósul meg az izom és a csont között. [3]

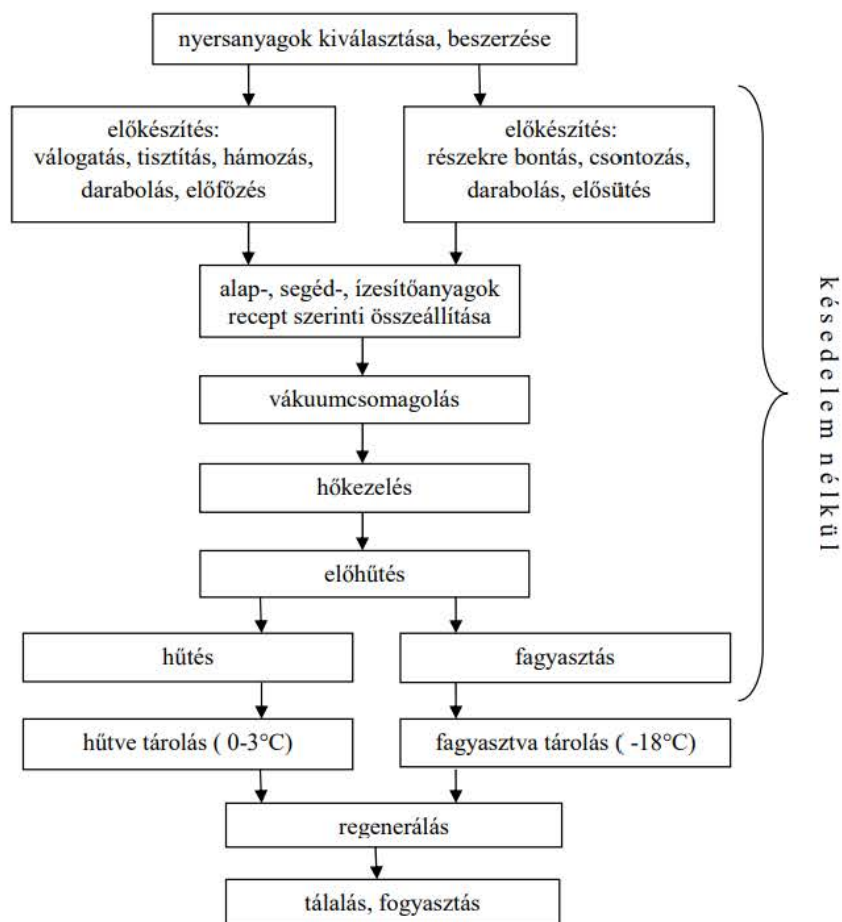


12. ábra. Az izom szerkezeti felépítése [1]

A sous-vide hőkezelés különböző élelmiszeripari műveletek sorozata, technológiai lépések szigorú egymás utáni végrehajtása. A legfontosabbakat megemlítve: az állati és a növényi alapanyagok kiválasztása, válogatása, előkészítése (pl. bontás, darabolás), feldolgozása (fűszerezés, adagolás), vákuumcsomagolása, hőkezelése, lehűtése, hűtve tárolása, regenerálása, tálalása (2. ábra). Minden egyes lépés precíz előírás szerint, folyamatos ellenőrzés mellett történik. Ez a szigorú rend megköveteli az előretekintést, a tervezést, a szervezethez magas fokát. Ebben a rendszerben nem lehet ad hoc konyhatechnológiai módszerekkel, csupán a gyakorlati tapasztalatokra hagyatkozva ételkészítést



folytatni. Az egyes lépéseknek, e rendszer minden elemének fontos szerepe van a végtermék minőségében, eltarthatóságában, vagy a készétel biztonságát tekintve. A gyártási folyamatban lépések nem hagyhatók ki, nem cserélhetők fel, a gyártási gyakorlat paramétereit pontosan betartandók. Csak így, a rendszer egészét átlátó tervezéssel lehet a sous-vide nyújtotta előnyöket kihasználni anélkül, hogy megtapasztaljuk negatív hatásait is. A termékek készítésénél figyelembe kell venni, hogy a hús a vákuumfőzést követően még további hőkezelést kaphat (pl. a steak sütése, készételek regenerálása). [4]



13. ábra. A sous-vide technológia folyamat ábrája [5]

### 3. IPARI HÁTTÉR

A sous vide húsféleségek előállítás:

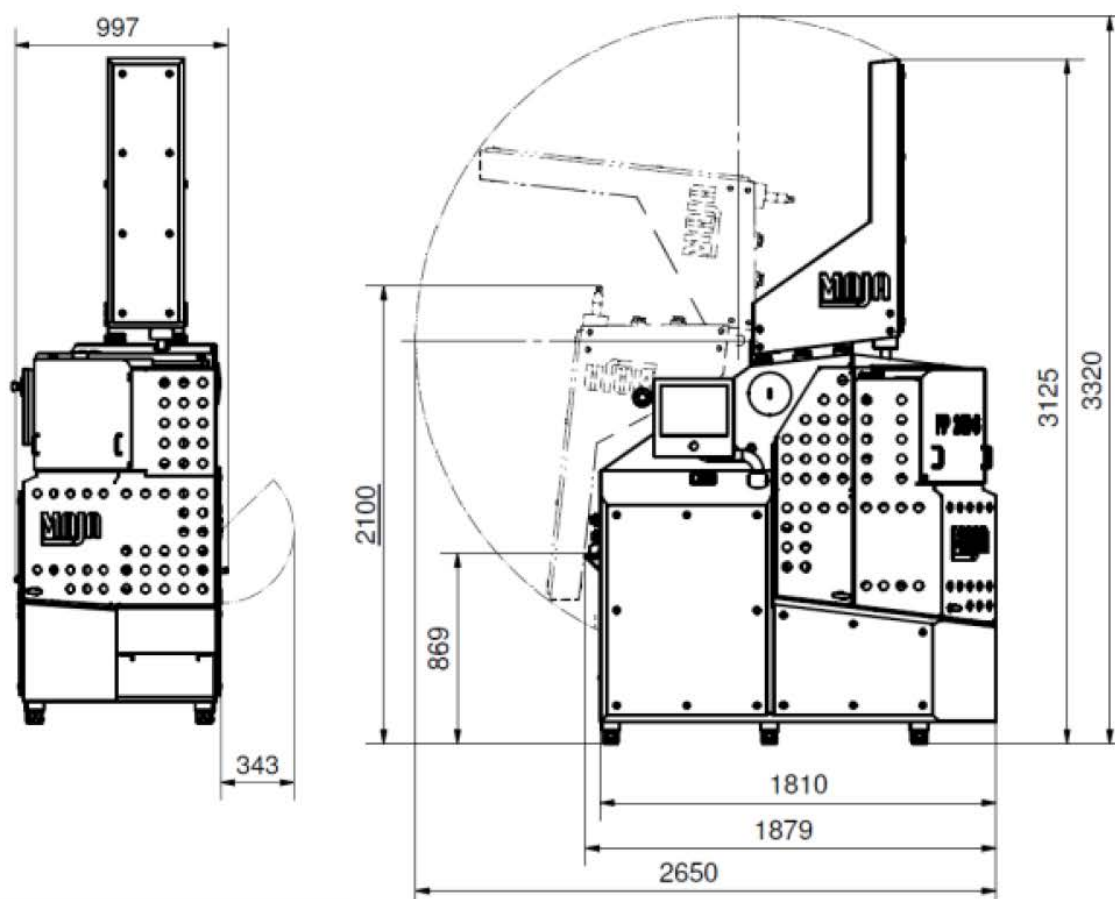
A beérkező húsféleségeket a húselőkészítőben szeletelik a kívánt méretre, adagokra. A húselőkészítőben az eszközök mosására két medencés mosogatót, kézmosót, padlóösszefolyót kell biztosítani. Az eszközök, kések fertőtlenítéséről gondoskodni kell, erre késfertőtlenítőt kell a helyszínen tartani. Az előkészítő helyiségek az üzemi követelményeknek megfelelően 12 °C-ra temperáltak. A hússzeleteket a billenőserpenyőkön felületileg hőkezelik, igény szerint fűszerezik, majd vákuumozásra alkalmas, élelmiszeripari minősítésű műanyag zacskókba helyezik. A vákuum lezárás a konyhatérben elhelyezett kétkamrás vákuumozó berendezésben történik. A vákuumozás után a húsokat megfelelő hőfokon és ideig a sous vide technológiára alkalmas kombi sütő-gőzpárolóban hőkezelik a gyártmánylap szerinti időtartamig, majd az elkészült termékeket a beállított kocsis rendszerű sokkoló hűtőkben 0+3 °C-ra hűtik. A zacskókat a jogszabály által előírt tartalommal címkézik. Az egységben az alapanyag és a késztermék közötti nyomon-követhetőséget biztosítani kell. A



vákuumozott késztermékek másodlagos csomagolásba, majd karton dobozokba kerülnek és a késztermék hűtőkamrába tárolhatóak kiszállításig. Bizonyos sous vide termékeket nem 0+3 °C-os, hanem -18 °C-os fagyasztott formában állítanak elő, ebben az esetben a 0+3 °C-os késztermék hűtőkamrában tárolt termékeket 24 órán belül áthelyezik a késztermék fagyasztására alkalmas sokkoló hűtőkamrába. A gyártástechnológia alapján nagyon fontos lépés, hogy a fagyasztás előtt a késztermék 0 °C körüli hőmérsékleten legyen hűtve néhány óráig, majd csak ezután kerüljön sokkoló fagyasztásra, ez garantálja a kívánt termék szerkezetet.

#### 4. ANYAG ÉS MÓDSZER

Az üzemben külön részleget alakítanak ki gépesített hús darabolásra/szeletelésre, mely húsok vákuumozott formában, 1-5 kg-os kiszerelésben kerülnek kiszállításra. Ezek az előkészített, csomagolt termékek külön késztermék hűtőkamrában tárolhatóak. A betervezett gépet tökehús és baromfi hús előkészítésére is használják majd, időbeli elkülönítéssel. (3. ábra) A szeletelt/darabolt hús kamrás vákuumozóval csomagolható, majd címkézhető és a késztermék hűtőkamrába helyezhető a kiszállításig.



14. ábra. A húsdaraboláshoz alkalmazott berendezés: Maja FP240-6

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS, KÖVETKEZTETÉSEK

A kombinált kezeléssel az élelmiszerbiztonsági szintet növelhetjük úgy, hogy a hőmérséklet ingadozásokból eredő kockázatokat csökkentjük. A jelen projektben kísérleti-fejlesztés keretében végzett termék és technológiafejlesztés eredményeként a gyakorlatban tapasztalt 6-8 °C-os tárolási hőmérsékleten is biztosítható lesz a termék minősége és biztonsága. Ebben megoldást jelenthet a nagy hidrosztatikus nyomáskezelés (HHP) alkalmazása a feldolgozási-tartósítási technológiába. Az új, innovatív technológia lehetőséget biztosít a helyi szinten megtermelt és az adott földrajzi területre jellemző különleges termékek hazai és nemzetközi piacokon történő megjelenítésére. A projekt során ipari kutatás és kísérleti-fejlesztés keretében kidolgozandó technológiasor új termék és egy új technológia megjelenését eredményezi azzal, hogy a folyamatban a termelői, a feldolgozó és az értékesítési oldal szoros együttműködése is megjelenik. Az eltarthatóság növelése a kidolgozandó kombinált technológiai eljáráson, részben a csomagolási rendszer fejlesztésén és részben a logisztikai hálózaton keresztül valósítható meg. Külön kiemelendő a kombinált eljárásoknál mindeddig nehezen definiálható együttes/egymás utáni alkalmazások, technológiai lépések pontos követési idejének meghatározása. A jelen innovatív dinamikus rendszer segítségével csak a lehető legszükségesebb kezelések kerülnek elvégzésére, amivel időt, ipari kapacitást, energiát megtakarítva jobb minőségű termékek állnak elő. Tudományos eredmények alátámasztják a két technológia hatékony alkalmazási lehetőségét, de mindeddig ipari környezetben elvégzett gyártásról nincs információnk. A technológiai célok között fontos elem, hogy a rendszer vezérlése esetén IPAR 4.0 előírások szerint felépített „öntanuló” szoftveres ipari megoldást kívánunk alkalmazni.

A **Gazdaságfejlesztési és Innovációs Operatív Program Plusz** keretén belül a Pénzügyminisztérium, mint Támogató által 2021.07.30-án meghirdetett GINOP Plusz-2.1.1-21 felhívás alapján a **GINOP\_PLUSZ-2.1.1-21-2022-00163** számú projekt megvalósítója a **VOYAGEX MORINI Külkereskedelmi Kft.**, mint Kedvezményezett.

## 7. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] ANDERSEN, J., SCHJERLING, P., SALTIN, B. (2000): Muscle génes et performances. Pour la science. 276, 50
- [2] GASZTONYI, K., LÁSZTITY, R. (1993): Élelmiszer-kémia 2. Mezőgazda Kiadó. Budapest
- [3] LAWRIE, R.A., LEDWARD, D.A. (2006): Lawrie's meat science. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, Abington Hall, Abington, Cambridge, England 7th Ed.
- [4] MOHÁCSI-FARKAS, CS., KISKÓ, G., NAGY, A.V. (2011): Kíméletes élelmiszer-tartósító eljárások – sous-vide technológia. Élelmiszer-biztonság. 1-2, 32-34.
- [5] ROZIER, J. ET AL. (1990): Plats cuisinés á l'avance et cuisson sous-vide. Maitrise de la qualité hygiénique. APRIA-CDIUPA, Massy, 2-63.



## ENVELOPES ON-DEMAND WITH OPHRYS IRICOLOR

Szabó Zoltán, Door2World Kft., +36-30-37-00-537, zoltan.szabo@door2world.com

### ABSTRACT

We are used to utilizing inkjet technology in the mailing and transactional printing segment – it opened up a new world of promotional possibilities on something as ordinary as an electricity bill. However, due to the high cost of printing them digitally and limited speed, envelopes remained boring in most cases. Until now! The game-changer is a new envelope overprinter – Ophrys Iricolor - equipped with Duralink printheads of Memjet Inc.

The project was started by two teams – one active in the transactional printing industry and the other with experience in engineering. This joint venture's goal was to provide an inline envelope printing solution, affordable and cost-effective, something that has been missing from the transactional mailing market for years. We have more than ten years of experience in transaction printing, management, and technology. Since 2010, we have been working with Memjet, initially being involved in technology development and building different types of printers for other OEMs. With all the knowledge and experience we gathered during these years, we have also realized the huge market need. When the idea came up of developing this printer for ourselves, we had great confidence in the project, and that is how Ophrys Iricolor was created.



Figure 1. – Ophrys Iricolor Inline envelope overprinter



## 1. DIFFERENT APPROACH

We recognized that customer needs in the transactional market could not be efficiently fulfilled with preprinted envelopes. A different approach was needed for on-demand, color, and low-cost solutions. We offered a different paradigm, so the mailer doesn't have to worry about preprinting the envelopes, just needs to load blank ones.

Ophrys Iricolor inline envelope overprinter can be directly attached to the envelope inserter system, so envelopes can be printed with any graphic "on-demand" as work changes are immediate. Additionally, time and cost spent on inventory can be dramatically reduced. Ophrys overprints the envelopes with full color (CMYK) inkjet with water-based pigmented inks. It offers offset quality and resolution up to 1600 dpi with 5 times nozzle redundancy per color. Printouts are water-fast with excellent fade resistance and gamut. The print width covers up to a C4 envelope (229mm). It automatically adapts to different envelope thicknesses - supported range 0,5-15 mm. It has integrated vision systems for print validation and verification. The envelope is identified at the last step via a 1D or 2D barcode (Ophrys Iricolor is equipped with code readers) to make sure the right printout goes to the envelope. As a double-check, the postprint vision system verifies and validates the envelope at the end of the entire process.

## 2. THE 3 CRUCIAL SECONDS

In the transactional market, you have to be very precise and accurate, and that makes our solution unique. We are printing envelopes at the end of the whole process. In the traditional way, preprinted envelopes are ordered (usually in offset technology), the invoice is printed on another inkjet machine, cut, folded, and inserted in the envelope at the end. Once the production line is done with the job for one customer, they have to empty the machine, put another batch of the envelopes for a different customer, and restart the process. It is not only time-consuming but also there is a lot of downtime for the machines. The company has to keep a stock of envelopes for each customer and risk that the design may change, the glue may expire, and no longer stick, which can create substantial waste. We have learned from our research that there is a need in the market to attract customers more efficiently. We are talking about the 3 crucial seconds when you take the envelope out of your mailbox, look at it and decide if you throw it straight away or open it immediately because you're curious about what's inside. There is a big noise now in the industry about the effectiveness or non-effectiveness of e-mail campaigns. A lot of companies are starting to come back to the more traditional way of communicating with their customers. There is also a significant number of mails that have to be distributed on paper for legal reasons. For instance, the documents have to be signed, and so on. Ophrys Iricolor helps to utilize these 3 seconds in the most effective way as it enables the mailers to put any graphics they want on the envelopes and varied graphics on each envelope, which corresponds to the customer's needs or interests.

## 3. 100% INLINE, 100% INKJET

There are other envelope printers on the market, but they usually don't go above 300 dpi. It is not specifically the quality that companies are looking for, as it doesn't look good enough in comparison with offset. What they need is offset-like quality, and even if there are a few systems that offer it, but the speed is not there. There are also a few Memjet-powered envelope printers that work offline, but the fact that Ophrys works inline at the same speed as the document printer or the inserter makes all the difference. New inserting machines are running at the speed of 175 m/min, and that is the reason why Memjet's Duralink technology was chosen.

We have a very good connection to Memjet, we believe in this technology, and we needed a very fast print-engine. The whole idea of this project came up 7 years ago. We created a concept machine where we used the older generation of Memjet heads. We achieved partial success since we proved that the idea of printing on filled envelopes works but failed due to the insufficient speed that the smaller print-engines could provide at that time. However, this experience confirmed that it is possible to have the entire mailing production inline and 100% inkjet. When Memjet announced Duralink technology, we were one of the first OEMs to approach them to find out what we could do together. The resolution,

speed, cost-effectiveness, and durability appeared incomparable with any other printhead supplier we had tested. Memjet Duralink technology simply ticked all the boxes. We've been working with inkjet for 10 years and haven't experienced any problems typical for inkjet heads, like strikes, banding, etc., with Memjet Duralink heads. What's more, with the flexibility of this engine, we designed a lifter mechanism that deals perfectly with different thicknesses of the envelopes. When we showed the output to customers, they were very positively surprised and convinced that they could easily sell this kind of digital quality.

Ophrys Iricolor can be integrated to any inserter. Right now, the installed devices are working inline with Kern machines.

# EGYEDI FEJLESZTÉS ÉS GYÁRTÁS INNOVATÍV TECHNOLOGIÁKKAL

## UNIQUE DEVELOPMENT AND PRODUCTION WITH INNOVATIVE TECHNOLOGIE

Farkas László, regionális üzletfejlesztő, HAFNER Pneumatika Kft.

### ABSTRACT

HAFNER Pneumatika Kft. is developing and producing unique and standard pneumatic elements and systems. It is a successful manufacturing company with more than 30 years of experience. As a reliable partner, builds on its modern processes, manufacturing technology, continuous improvement and flexible, cost-effective production.

From the following article, you might gain an insight into HAFNER Pneumatika's highlighted unique product developments and innovative manufacturing technology.

### 1. BEVEZETÉS

A HAFNER Pneumatika Kft. egyedi és standard pneumatikus elemek és rendszerek fejlesztésével és gyártásával foglalkozik. Több, mint 30 éves tapasztalattal rendelkező sikeres gyártó cég, mely modern folyamataival és gyártási technológiával, folyamatos fejlesztéseivel és rugalmas, költséghatékony termelésével vívta ki Partnerei bizalmát.

A továbbiakban megismerheti a HAFNER Pneumatika kiemelt egyedi termékfejlesztéseit és innovatív gyártástechnológiáját.

### 2. EGYEDI TERMÉKFEJLESZTÉSEK

**Moduláris szelepszigetek:** A legújabb fejlesztés a HAFNER kínálatában a moduláris szelepszigetek. Modularitásuknak köszönhetően alkatrészenként rendelhetőek, teljesen egyedi igényekre szabhatóak, bővíthetőek, egyszerre akár 32 szelep is működtethető egy rendszerben. Fejlesztése során szempont volt a környezettudatosság és a költséghatékonyság akár kis mennyiségnél is. Masszív, stabil szerkezet, praktikus kialakítása révén akár DIN-sínre is szerelhető. Fejlegysége változtatásával számos protokollal vezérelhető: EtherCAT, D-SUB és Profinet.

Magyarországon fejlesztett és gyártott termék révén a HAFNER Pneumatika bármely kérdés esetén közvetlen szakértő segítséget tud adni a szelepszigetekkel és működtetésükkel kapcsolatban.



1. kép. Moduláris szelepsziget



Egészségügy: A 2020-as pandémia idején az egészségügyi helyzet miatt hirtelen igény támadt egy életmentő konstrukcióra. A HAFNER Pneumatika Kft. és a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) közösen, rekordidő alatt (mindössze 1-2 hét) fejlesztette ki a világszínvonalú lélegeztetőgépeket, melyekbe az egyedi oxigénszelepek kerültek. A fejlesztés során a termelőüzemben új munkafolyamatokat és részlegeket kellett eszközölniük, elkülönült, maximálisan sterilizált szekciókban történt a konstrukció összeszerelése és tesztelési folyamata.

Az oxigénszelep gyártási folyamatának része volt az ultrahangos mosó beszerzése és használata, melyet orvosi alkatrészek tisztítására is alkalmaznak: az ultrahangos tisztítás finom tisztítást tett lehetővé folyadékszűréssel és lágyvízes öblítéssel, valamint forrólevegős szárítással. Az oxigénszelepekbe egyedileg fejlesztett és gyártott keverő-, elzáró- és nyomásszabályzó szelepeket gyártottak és építettek be.



2. kép. Oxigénszelep

### 3. INNOVATÍV TECHNOLÓGIÁK

3D tervezés és szimuláció: Mind a mindennapi tervezésnél, mind az előzőekben felsorolt egyedi projektekre való gyors reakciót jelentősen segítette, hogy a tervező részleg munkatársai 3D tervező programok és szimulációk használatával gyorsan és precízen megtervezték az egyedi konstrukciókat. A program által átlátható és könnyen kezelhető a rendelkezésre álló alkatrészkészlet, a már megtervezett modelleken gyors módosításokat tudnak eszközölni, az optimális működéshez pontos áramlástani méréseket és szimulációkat lehet végrehajtani.

CAD/CAM szoftver: a tervezési fázis után a gyártási folyamat előkészítésének hatékonysága is kiemelten fontos. Modern CAD/CAM szoftverek használata gyorsítja a bonyolult szerszámpályák programozását, lehetővé teszi a nagy dinamikájú marást, a speciális mozgások programozását, ezzel időt és költséget takarítva meg – csökkennek a megmunkálási idők, csökken a gépek és szerszámok igénybevétele a gyártási folyamatok során.

Géppark: a HAFNER Pneumatika termelő üzeme a modern, legújabb technológiájú és nagy kapacitású megmunkálóközpontokkal dolgozik. Standardizált gépparkok teszik lehetővé a gyártási folyamatok hatékony működését. A gépekben kizárólag kiváló minőségű szerszámokkal dolgoznak a precizitás és minőség biztosítása érdekében. Standard szerszámok mellett ugyancsak szerepet kapnak a speciális újdonságok nagy dinamikájú maráshoz és egyéb műveletekhez.

A gépparkot modern technológiával felszerelt kollaboratív robotok szolgálják ki, ezzel még költséghatékonyabbá téve a gyártást, biztosítva a folyamatos, felügyelet nélküli termelést – akár éjszakákon át. A kollaboratív robotok nagy előnye, hogy az emberrel együtt történő munkavégzésre is alkalmasak.



3. kép. Kollaboratív robotok

Szerelőautomaták gondoskodnak a nagy mennyiségben történő automata összeszerelésről. Ezek a gépek a gyártási folyamat egymásra épülő szintjeit fedik le, a nagy szériákat is gyorsan és költséghatékonyan gyártják.



4. kép. Szerelőautomaták

Vállalatirányítási rendszer: a HAFNER Pneumatika a gyártási folyamatok összehangolásához fejlett vállalatirányítási rendszert használ. A rendszerben integrálva vannak a tervezés, költség számítás, alapanyag nyilvántartás, anyagáramlás, minőségbiztosítás, könyvelés és értékesítés folyamatai is, ezzel átláthatóvá és hatékonyvá válik a részlegek közötti munka.

Napelempark: a HAFNER számára rendkívül fontos a fenntarthatóság és a környezet védelme is. A termelőüzemre telepített napelempark megújuló energiaforrást biztosít, modern rendszere hatékonyabbá teszi a termelési folyamatokat. A cég évente átlagosan 60 tonna CO<sub>2</sub> kibocsátás csökkentést ér el vele, napelemeik éves szinten felhasznált energiájuk 25%-át fedezik – ezt pedig folyamatosan tovább növelik.



5. kép. Napelempark

A fenti egyedi megoldásokból és innovatív technológiákból is látszik, hogy az iparban a kiemelt gyártók számára elengedhetetlen a fejlesztés, modern eszközök használata és az ezt lehetővé tevő szakértelem, tapasztalat és rugalmasság. Rendkívül fontos a gyártási folyamatok fejlesztése, folyamatok optimalizálása és a gyártási technológia folyamatos korszerűsítése. A HAFNER Pneumatika a gyors és rugalmas, költséghatékony tervezési és gyártási folyamatainak is köszönheti sikerét.



# HABOSÍTOTT ÜTKÖZŐVEL FELSZERELT MOTOROS HAJÓK FEJLESZTÉSE A FLAAR KFT-NÉL

## DEVELOPMENT OF POWERBOATS EQUIPPED WITH FOAM COLLARS AT FLAAR KFT.

Dr. Mezey Zoltán ügyvezető, Flaar Kft.

### ABSTRACT

The focus of this paper to introduce the development of a boat collar made of polymer foam core, primarily to replace the inflatable collars of RIBs. We examined the strength and the fracture toughness of current nautical fabrics compared to poliurea with and without glass fibre reinforcement. Without reinforcement the poliurea can sustain more than 500 percent strain but has low tensile strength. When measuring critical stress intensity factor  $K_{IC}$  we achieved for reinforced poliurea similar values as those of Hypalon. Finally, we managed to assembly a system of aromatic and aliphatic poliureas and reinforcement over an XPE foam that was good and lightweight enough to replace an inflatable tube.

### 1. BEVEZETÉS

A hajókon és a kikötőkben a mechanikai sérülések elkerülése érdekében ütközőket alkalmaznak. Feladatuk, hogy védjenek a karcolódástól és a nagyobb ütközésektől. Fontos, hogy megfelelő mozgási energia elnyelő képességgel rendelkezzenek, ne legyen maradó alakváltozásuk, hogy a környezeti hatásoknak megfelelően ellenálljanak, (különösen a víznek, UV sugárzásnak és hőmérséklet ingadozásának) [1]. Kialakítás szerint megkülönböztethetők a tömör, illetve üreges (pl.:PVC) puffer ütközők. Az előbbinél az egész terhelést az anyag veszi fel, az utóbbi pedig a levegő vagy hab töltet nyeli el az ütközést, a kéreg pedig a víz és kopás ellen véd. Ezek megjelenhetnek fixen rögzített vagy mozgatható verzióban is.

Léteznek fixen telepített (hajóra vagy mólóra) és mozgatható kivitelben. A hajóra fixen telepített ütközők egy speciális típusa a RIB (Rigid Inflatable Boat – merevtestű felfújható tömlős hajó). A felfújható tömlőket hajón számos előnyös tulajdonságuk miatt alkalmazzák, mint például az alacsony tömeg és a használat kényelme [2]. Hátrányuk azonban a rossz UV-állóság és a különleges mechanikai behatásokra való érzékenység, sérülékenység. Egy megfelelő zárt cellás polimer hab magként való alkalmazása esetén elkerülhető lenne a hátrányok jelentős része. Ez hatalmas előnyt jelentene a RIB-eken, mert a jelenleg használt több kamrás felfújható tömlők gyártása bonyolult és kilyukadás esetén viszonylag nagy térfogat veszíti el a légtömörségét.

### 2. A HAB

A habok kiválasztásánál a három legfontosabb szempont: (i) alacsony vízfelvétel (10 nap alatt legfeljebb 3 térfogatszázalék), (ii) kis sűrűség (legfeljebb 35 - 40 kg/m<sup>3</sup>), (iii) alacsony ár és (iv) minél kevésbé szenvedjen maradó alakváltozást. A felsoroltak alapján több különböző anyagcsalád is felmerült, azonban a zártcellás PUR és PS habok maradó alakváltozása, illetve sok más hab (pl. EPDM gumi) túl magas ára miatt a kísérletek során végül négy különböző PE habot vizsgáltunk.

XPE (térhálósított PE) hab vízfelvétele bizonyul a legkisebbnek (0,23%), illetve a Polifoam ér még el jobb eredményt (0,43%). Az EPE (rétegekből összehegesztett, zártcellás, nem térhálós hab) és Ethafoam (egyben fújta hab) kicsivel több, mint 0,7 %-os vízfelvétellel rendelkeztek.

A nedvességfelvételi vizsgálatok mellett átlapolt próbatesteken vizsgáltuk a habok jellemzőit, amelynek eredményei az 1. táblázatban láthatóak.

Hőmérséklet [°C]	Hypalon		PVC		Poliurea+GF		Poliurea	
	$\sigma$ [MPa]	s [MPa]	$\sigma$ [MPa]	s [MPa]	$\sigma$ [MPa]	s [MPa]	$\sigma$ [MPa]	s [MPa]
0	78,0	9,7	98,5	6,7	43,8	4,1	6,2	0,9
25	85,4	8,2	98,2	9,2	41,0	5,8	6,8	0,8
50	75,9	3,3	96,9	8,0	29,0	4,5	5,7	0,9
75	55,1	1,9	77,9	6,0	22,5	5,3	4,2	0,6

1. táblázat: A bevonatok átlagos szilárdsága és szórása különböző hőmérsékleteknél

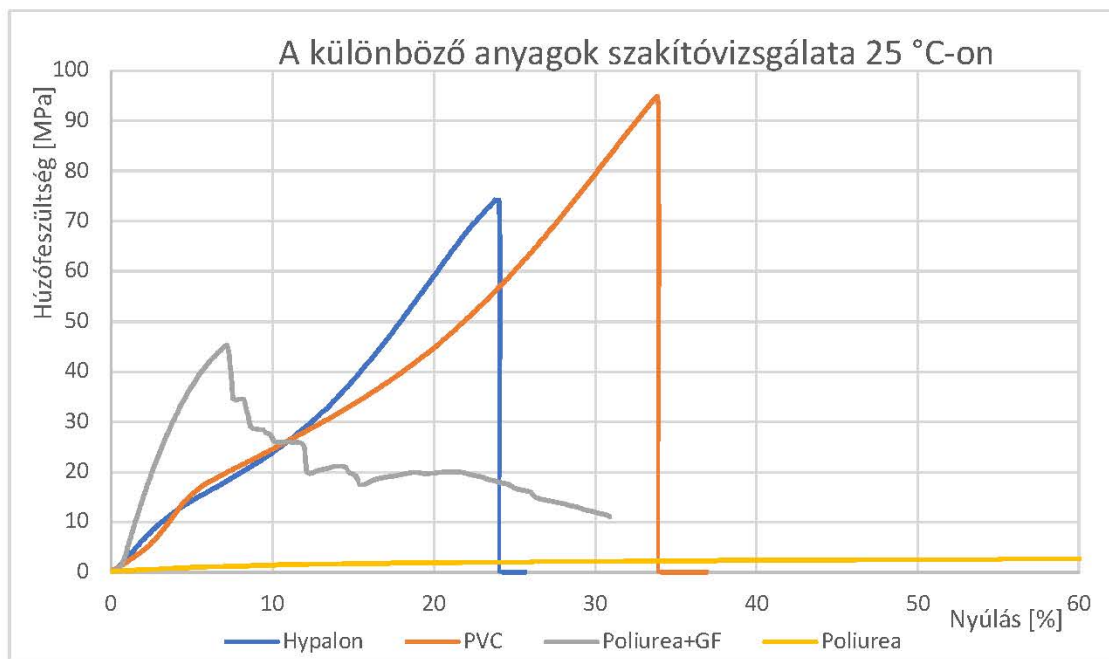
A hajókat széles hőmérséklettartományban használják, ezért vizsgálat során az anyagok szilárdságának hőmérsékletfüggését is meghatároztuk, a mérést 0, 25, 50 és 75 [°C] hőmérsékleten is elvégeztük. Az adott hőmérsékleteken minden anyagból 5 db próbatestet vizsgáltunk.

### 3. A BEVONAT

A bevonat célja, hogy megvédje a habot a mechanikai sérülésektől, időjárástól és kopásálló felületet hozzon létre. Ennek a külső, környezettel érintkező réteg anyagának kiválasztásakor felmerültek egyrészt a hagyományos tömlőanyagok, másrészt a habra in-situ módon felhordható bevonatképző anyagok. A hagyományos tömlőanyagok használatakor nem kerülhető el az a munkafolyamat, amikor a 2D sík alapanyagból 3D geometriát állítunk össze hegesztéssel (PVC) vagy ragasztással (Hypalon). Ezért célunk olyan, egyszerűen szórható bevonat megtalálása volt, amely könnyen, gyorsan felhordható és térhálósodás után képes ellátni a feladatát. Poliuretán, szilikon, és poliurea alapú szórható bevonatokat vizsgáltunk, és a poliurea volt a leginkább alkalmas a céljainkra.

Az olcsóbb, aromás poliureák sokkal nagyobb nyúlásra képesek, amely a felhasználási területüket tekintve nagyon előnyösnek mondható, azonban UV állóságuk elég rossz, így öregedésre hajlamosak: napsugárzás hatására nagyon gyorsan elveszítik a színüket. A drágább alifás típusú poliureák egy nagyságrenddel kisebb mértékű nyúlásra képesek, így önmagukban nem annyira alkalmasak hab tömlő bevonatolására, ám külső UV álló réteggént érdemes használni őket [3].

Az . ábrán hagyományos tömlőanyagok, illetve aromás poliurea (Almacoat Floor SL) feszültség-nyúlás diagramjai láthatóak – utóbbi üvegszálerősítéssel (GF) és anélkül.



**1. ábra:** A bevonatanyagok feszültség-nyúlás ( $\sigma$ - $\epsilon$ ) görbéi

A húzóvizsgálatokon kívül meghatároztuk a kritikus feszültségintenzitási tényezőket is, ami a repedésterjedésre való hajlamot mutatja. A szálerősítetlen poliurea igen alacsony  $K_{IC}$  értéket mutatott, ám szövettel erősített változata a prémium kategóriás Hypalon hajóponyvával közel megegyező  $K_{IC}$  értéket mutatott. Itt a nagyobb szórás itt a kézzel gyártott próbatestek különbözőségéből adódik.

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

Összességében elmondható, hogy megfelelő szöveterősítéssel, aromás és alifás poliurea együttes használatával XPE habból lehetséges olyan tömlők gyártása, amely tömegében ugyan nehezebb, mint a Hypalon vagy PVC tömlő, ám azoknál lényegesen ellenállóbb.

A kidolgozott technológiával 5.7m hosszú, RIB jellegű hajót terveztünk bazaltszál erősítésű vinilészter vagy szénszál erősítésű epoxi gyanta anyagú testtel.



**2. ábra:** 5.7 m hosszú RIB jellegű hajó hab ütközővel



## 7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A bemutatott munka a Flaar Kft. a GINOP-2.1.7-15-2016-00937 azonosító számú „Prototípus, termék-, technológia- és szolgáltatásfejlesztés” projekt keretében valósult meg.

## 8. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] [http://www.hotribs.com/02articles/000-bellows/01\\_pt1.asp](http://www.hotribs.com/02articles/000-bellows/01_pt1.asp) (2018.03.04.)
- [2] <http://www.anchor-marine.com/fenders/narrow-boat-slab-fenders/>
- [3] <http://www.spiperformancecoatings.com/coating-technology/polyurea-uk/>

# „A BIZTONSÁGOS KÖZLEKEDÉSÉRT” GYALOGOS KÖZLEKEDÉS BIZTONSÁGÁNAK JELLEMZŐI

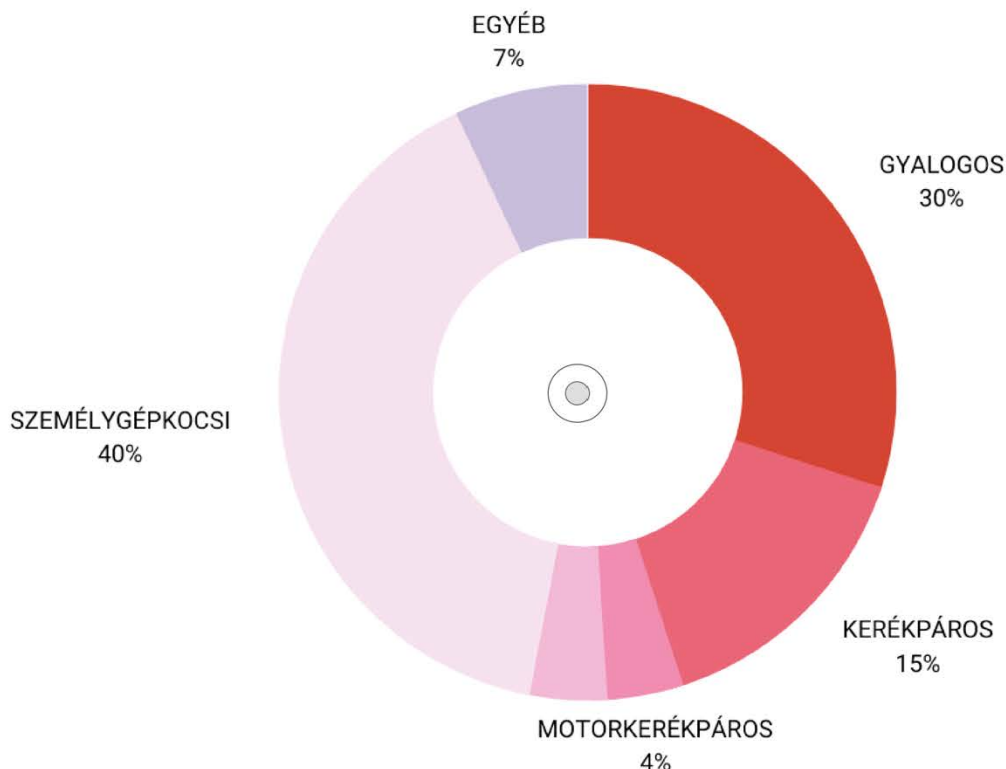
## "FOR SAFE TRANSPORT" PEDESTRIAN SAFETY FEATURE

Dr. Kőfalvi Gyula +36 30 941 3023, Börzsönyi József,  
Magyarországi Balesetkutató és Balesetelemző Egyesület

### 1. BEVEZETÉS

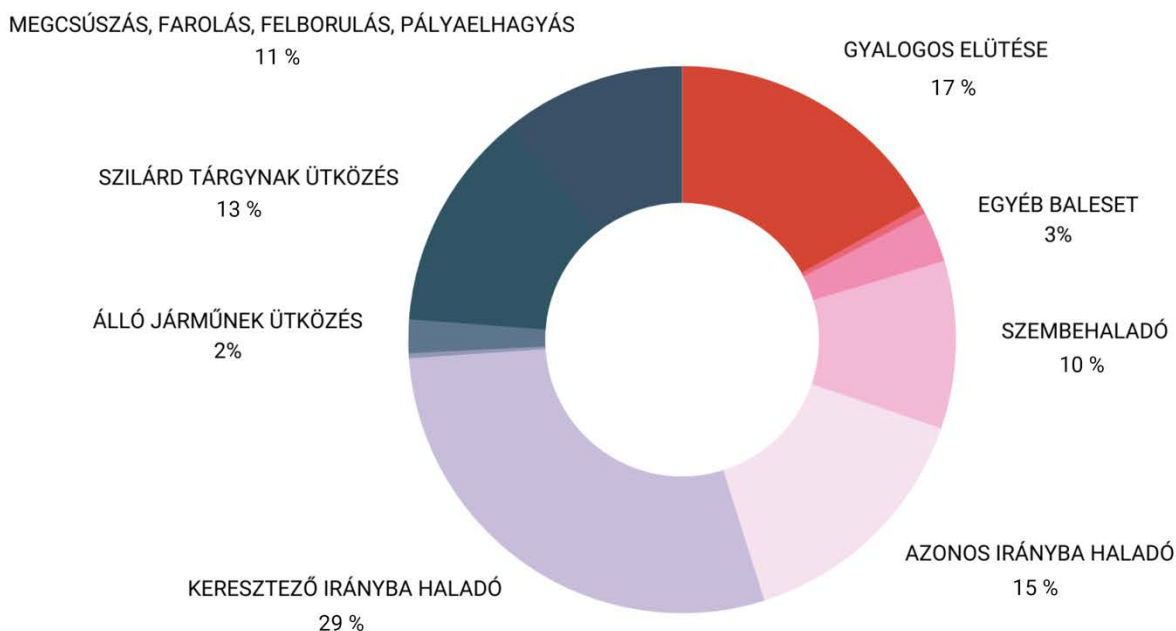
#### A GYALOGOS KÖZLEKEDÉS BIZTONSÁGÁNAK JELLEMZŐI

Közismert tény, hogy a gyalogos a legvédtelenebb közlekedő partner. Sérülési veszélye már a legkisebb sebességű ütközésnél is fennáll. A magyarországi közlekedésbiztonság helyzetének egyik legszembetűnőbb jellemzője a gyalogos balesetek egyik nagy részaránya. Ez az arány az elmúlt évtizedben átlagosan évi 30 százalékos részesedéssel volt az összes személyi sérüléssel járó balesetek között. Az európai átlaghoz hasonlóan többnyire Magyarországon is a személygépkocsi vezetői- és utasai halnak meg a legnagyobb arányban a többi közlekedési résztvevőhöz viszonyítva (1. ábra), viszont a részesedésük (40 %) lényegesen kisebb, mint az európai átlag (49,1 %). A második leggyakoribb halálozás az EU átlaghoz hasonlóan Magyarországon is a gyalogosok esetében jellemző (30,0 %) azonban ez lényegesen nagyobb részarányú, mint az Európai Unió átlagértéke (20,1 %).



1. ábra. Balesetben meghaltak a forgalomban való részvétel módja szerint (Magyarország)

A baleseti módok megoszlását mutatja a 2. ábra. Ezek szerint a keresztező irányba haladó járművek ütközése a legnagyobb arányú (29,0 %). A második leggyakoribb baleseti situáció a gyalogos elütés volt (17,0 %) amelyet az azonos irányba haladó járművek ütközése és a szilárd tárgynak ütközés követett 14,6 %, illetve 12,6 %-os értékkel. A vizsgált évben a szembehaladó járművek ütközése csak 6. leggyakoribb felütközési mód volt, 9,8 %-os értékkel.



2. ábra. A balesetek részesedése baleseti mód szerint (Magyarország)

A halálos kimenetelű balesetek legnagyobb részben a gyalogos elütések (26,8 %) és a szembe haladó járművek ütközése (22 %) során következnek be.

Az MBBE reprezentatív mintájú (n= 75) un. in depth gyalogos elütéses balesetelemzése alapján a meghatározó partner a gyalogos szempontjából a személygépkocsi (72,0 %) ezt követi a haszongépjármű (18,0 %) illetve a villamos (6,0 %). A fennmaradó 4 %-ban kerékpár-motorkerékpár volt a baleseti partner (Forrás: IbB- Hungary 2010).

A tipikus gyalogos elütések gyakoriságának eloszlása előbbi elemzés szerint a következőkben foglalható össze:



BALESETTÍPUS	GYALOGOS ÁTHALADÁSI IRÁNYA: BALRÓL JOBBRA (%)	GYALOGOS ÁTHALADÁSI IRÁNYA: JOBBRÓL BALRA (%)	ÖSSZESEN (%)
ELÜTÉS GYALOGOS ÁTKELŐHELYEN	15	25	40
KANYARODÓ JÁRMŰ, ÚTKERESZTEZŐDÉBEN	8	17	25
EGYENES ÚTON	5	10	15
AZONOS IRÁNYBAN HALADÓ GYALOGOS, EGYENES ÚTON			10
JÁRDÁRA, MEGÁLLÓBA FELHAJTÓ GÉPKOCSI			10

1. táblázat - Gyalogos elütések gyakorisági eloszlása

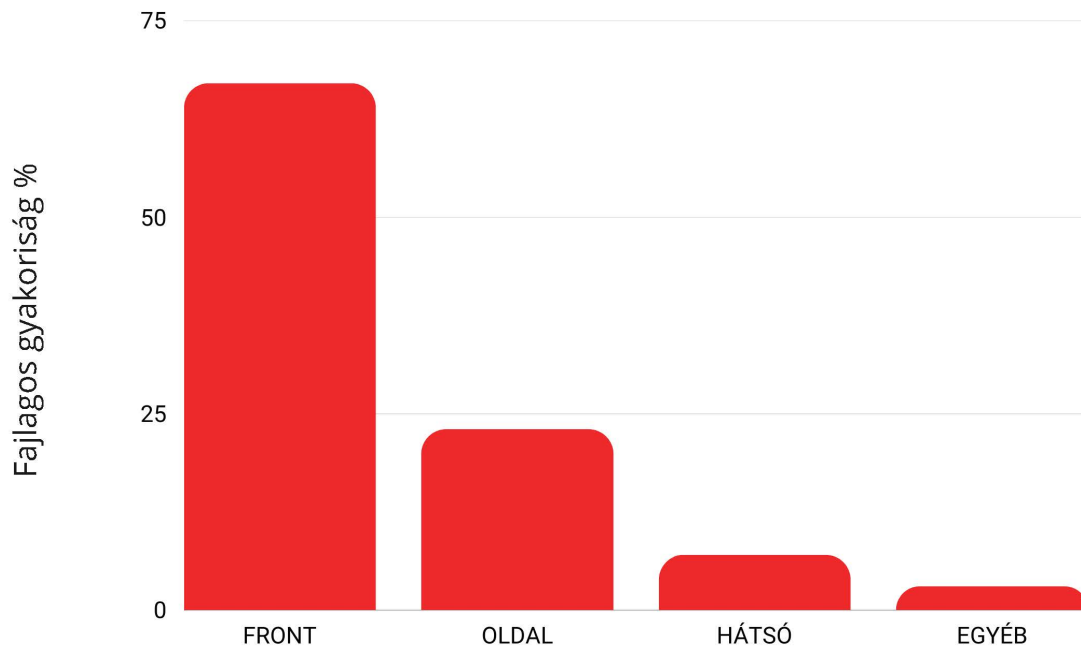
A vizsgált esetek 92,0 %-ban a járművezető az elütés előtt fékezett ill. kormányzott, mindössze 8%-ban lehetett ilyen reakciótevékenység elmaradását megállapítani. Előbbi 8 % nem tartalmazza az úgynevezett késői (tehát röviddel az elütés utáni fékhatást) a gépjárművezetői reagálás definícióját a gyalogos elütési síkjára vonatkoztattuk.

A hivatkozott elemzés részletes ismertetésétől eltekintve röviden összefoglaljuk annak megállapításait:

- Az elütő gépjárművek haladási sebessége 40- 75 km/h tartományba esett.
- A gyalogátkelőhely átlagos megközelítési sebessége a járművek részéről 50-55 km/h volt.
- A gyalogos mozgásának félreértelmezett jellegét mintegy 65 %-ban lehetett meghatározni.
- Az elütés jellege egyenes úton áthaladó gyalogosok esetében 80 %-ban centrális, a gyalogátkelőhelyeken ugyanilyen arányban részleges átfedésű volt.
- Az úton fekvő gyalogoson áthaladó balesettípus részesedése a vizsgált mintában 0,5 %-volt.

A járművek részéről az elkerülhetőségi sebesség gyalogátkelőhelyen meghatározó módon  $\leq 40,0$  km/h, külterületen (nem lakott terület) egyenes meneti haladásnál  $\leq 65,0$  km/h. Az elkerülhetőségi sebesség határértékei egyértelműen azt jelzik, hogy a lakott területen megengedett haladási sebesség nagyságát a gyalogos átkelőhelyek előtti – jól meghatározható szakaszon (ennek megállapítási módjára a későbbiekben még visszatérünk) max. 30,0 km/h-ban lenne célszerű egységesen megállapítani. Ezen tanulmány szerzőinek igazságügyi gépjármű szakértői tapasztalatai alapján különböző főképpen jogi- és egyéb szempontú alapos mérlegelések alapján gyorsan, természetesen az érintett közlekedési résztvevők bevezetést megelőző és követő folyamatos tájékoztatása mellett kellene bevezetni.

## Személygépkocsi ütközési tartomány



3. ábra. A gyalogos elütés érintkezési területei a személygépkocsikon (Forrás: GDV Német biztosító társaságok)

A gyalogos közlekedés különösen a városi közlekedés egyik meghatározó jellemzője. A gyaloglás még ma is a helyzetváltoztatás egyik fő módja, hiszen közlekedési eszköz használata során is felmerül az úgynevezett rá- és elgyalogolás igénye. Ez a szakzsargon a megállóhelyre, vagy a megálló, helyre való gyaloglást jelenti. A közúti balesetek súlyosságát meghatározó tényezők, mint például a tömeg, a sebesség közül a gyalogosoké a legkedvezőtlenebb. Ezt bizonyítja a személygépkocsival történő gyalogos ütközések magas mortalitási aránya is.

Például a 40 km/h sebességű gyalogos elütések során az esetek 35 százaléka, míg 55 km/h-nál már 70 százaléka végződik halállal.

A személygépkocsit vezető autósok erre a nagyobb kockázatra feltétlenül gondolnia kellene. A gyalogos közlekedés veszélyhelyzetei abból az objektív körülményből adódnak, hogy a gyalogosok nagy részének szabályozatlan áramlata szabályozott, motorizált forgalommal találkozik. A gyalogosok többsége nincs tisztában a feléje közeledő járművek fizikai mozgástörvényeivel. Nem ismeri a különböző járműfajták dinamikai sajátosságait, gyorsuló vagy fékező képességeit. Jellemző, hogy még gyakran az autósok sincsenek teljesen tisztában az általuk vezetett gépjárműtípusok jellemzőivel.

A gyermek, de még a felnőtt gyalogos is saját mozgástörvényeit tekinti mérvadónak. Elsősorban abból indul ki, hogy az autó is hozzá hasonló gyorsasággal tud irányt változtatni, illetve megállni. Főképpen ez okozhatja a járdáról való hirtelen lelépésről vagy akár az álló jármű mögül kilépő gyalogos elütéseket.

Az esti, éjszakai gyalogos balesetek többsége észlelésbeli hiányosságokra vezethető vissza. A gyalogos látja a kivilágított gépkocsit és azt gondolja, hogy a jármű vezetője szintén látja őt. A baleseti statisztikák is megerősítik ezt, hiszen a lakott területeken belül a nappali balesetekhez viszonyítva éjjel mintegy fele annyi gyalogos, lakott területen kívül pedig kétszer annyi gyalogos hal vagy sérül meg. Az éjszakai balesetek súlyosabb kimenetelűek a nappaliaknál a személygépkocsik nappaliakhoz viszonyított jóval nagyobb haladási sebessége következtében.

Egy hazai kísérletre szeretnénk felhívni a figyelmet: A magyarországi személygépkocsik jellegzetes típusaival azt vizsgálták, hogy az előírás szerint beállított tompított fényszórók használatával mekkora az a sebességhatár, amelynél a 2 km-es próbaszakaszon a váratlanul megjelenő álló és fekvő bábút észlelve meg tudnak állni.

A kísérletben 66 tapasztalt személygépkocsi vezető vett részt. Feladatuk az volt, hogy a szimulált gyalogos észlelésekor a bábu előtt próbáljanak megállni. A kísérlet eredménye alapján kiderült, hogy 45 km/h haladási sebesség alatt mindenki meg tudott állni a bábu megpillantása után, az 56-60 km-es sebességtartományban az elütések és a sikeres megállások aránya 50-50 százalék volt, az általában leggyakrabban használt sebességtartományban, 60-70 km között az elütések száma jóval meghaladta a megállásokét, míg 76-80 km között már senki nem tudott megállni a bábu előtt.

Amikor sötét színű ruhában volt a gyalogost szimuláló bábu, a vizsgált járművek több mint 50 százaléka nem tudott megállni 55-65 km-es sebességről fékezve a sötét színű bábu előtt. A hölgy vezetők majdnem minden sebességtartományban gyengébb eredményt mutattak a férfiaknál.

A 46-55 km-es sebességtartományban mintegy 40 százalékuk nem tudott megállni a bábu előtt.

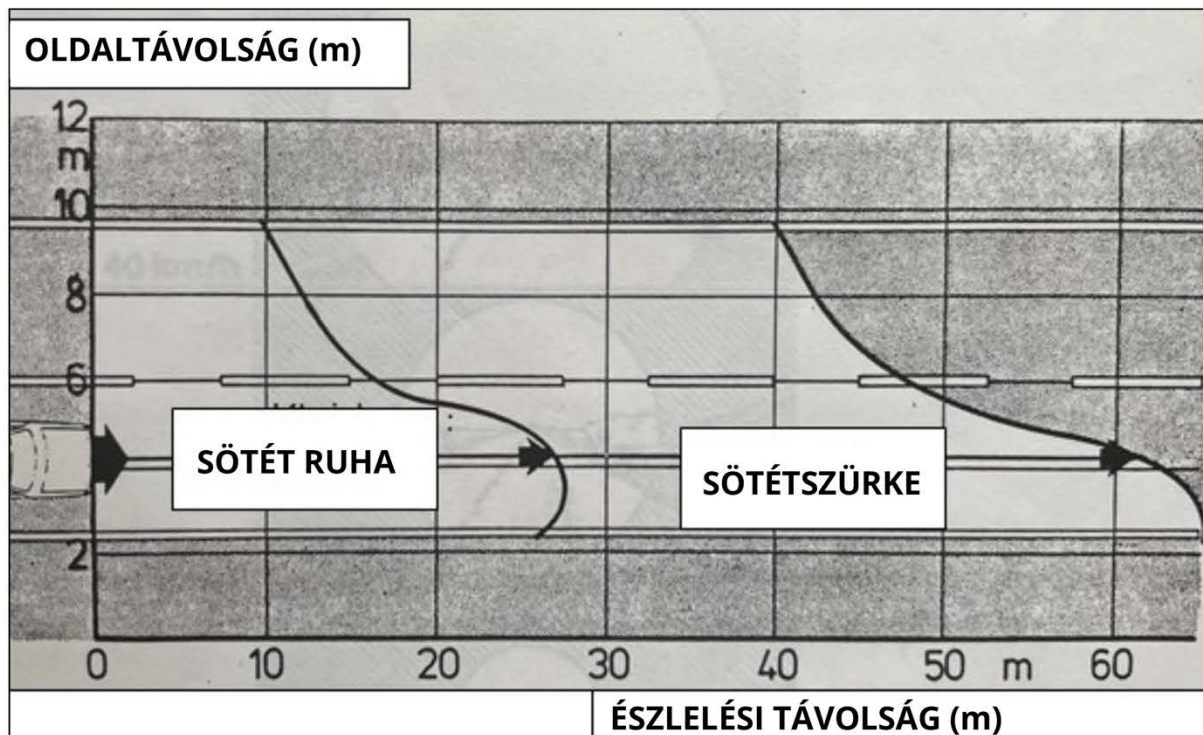
A vizsgálat végkövetkeztetése meglepően kritikus, de életmentő fontossága miatt természetesen elvárható az őszinte fogalmazás. Ezek a következők:

- A legnagyobb figyelemmel vezető autósok túlnyomó többsége a ma szokásos haladási sebességgel nem képes az álló, sötét ruhás gyalogos előtt megállni, vagy azt biztonságosan kikerülni tompított fényszóró használatával.
- Az előbbi járművezetők majdnem 100 százalékos valószínűséggel nem tudják a fekvő sötétruhás embert olyan távolságból észlelni, hogy előtte autójukkal meg tudjanak állni.
- A sikeres kikerülési manőver valószínűsége nagyon csekély.
- Jelen helyzetben sajnos azt lehet mondani, hogy a gépkocsivezetők többsége által biztonságosnak tekintett sebességekkel éjszaka haladva a gyalogos és a kivilágítatlan kerékpár elütések nagyon csekély része előzhető meg.

A hazai forgalomban meglehetősen nagyszámban vesznek részt még a régebbi évjáratú, hagyományos fényszóróival felszerelt személygépkocsik.

A Darmstadt-i Egyetem, Fénytechnikai Laboratóriumának egyik mérési eredménye az átlagos európai személygépkocsira ( $V = 80$  km/h sebesség) vonatkozó különböző ruhájú gyalogosok észlelhetőségi távolságát mutatja.





4. ábra. Észlelhetőségi távolság távolsági világításnál

A jármű világításának minden gyakorlott gépkocsivezető által ismert fontos, meghatározó szerepe van, mint ahogy az ábrán is látható, a két sávos országúton sötétben 80 km/h sebességgel haladó személygépkocsi vezetője (fényszóró használatával) a megfelelő határoló vonalakkal jelzett távolságokon belül tudja észlelni a sötét, illetve sötétszürke ruházatú személyt.

Különös veszélyt a sötét, fekete ruhát viselő gyalogosok jelentenek, hiszen, ha például az út bal oldaláról közelítenek a jobb oldali sávban közelítő személygépkocsihoz, csak mintegy tizenöt méter távolságról észlelhetők.

A sötétszürke ruhát viselőknél valamivel kedvezőbb a helyzet, a balról behaladó gyalogost cca. 48 m távolságról fizikailag észlelhetik, de még fékezéssel így is elkerülhetetlen a balról átfutó gyalogossal való ütközés. A futó gyalogosnak mintegy két másodpercre van szüksége, hogy az ábrán bejelölt helyről a közeledő személygépkocsi forgalmi sávjába érjen. A gépkocsi vezetője az észleléstől számított kb. egy másodperces reakcióidő alatt 22,2 méter távolságot tesz meg fékezetlenül, majd fékezve és kb. 23 km/h sebességgel (6,4 m/s) üti el a haladási sávjában lévő gyalogost.

Ebből a példából is jól érzékelhető, hogy gyakran még jól működő és beállított fényszórókkal sem mindig biztosítható az a KRESZ előírás, hogy „úgy kell a sebességet megválasztani, hogy a fényszórók által bevilágított területen belül meg tudjunk állni”.

Kérdés: Mi történik akkor, ha a fényszóró hatásfoka gyenge, például gyenge az izzó, szennyezett az üveg vagy rossz a beállításuk?

Az előrelátó autóvezető tehát a várható gyalogos átkelőhelyek helyeihez, (nem kijelölt gyalogos átkelőhelyek!) kereszteződések, intézmények, tömegközlekedési járművek megállóhelyei stb. felé közelítve számít arra, hogy vezetői tudásának és járművének együttes képességeire lesz szüksége, hogy esetlen a gyalogos életét megmentse. Csökkenti tehát sebességét és a korábbiaknál még figyelmesebben vezet. Arra kell elsősorban gondolnia, hogyha a megállóhelyen álló autóbusz mögül hirtelen előbukkan valaki, minden tőle telhetőt meg tudjon tenni az ütközés elkerülésére. Erős

fékezéssel, ABS-es kocsinál egyidejűleg elkormányzással próbálja meg csökkenteni az esetleges elütés súlyosságát vagy egyáltalán elkerülni. Természetesen amennyiben a gyalogos felbukkanása féktávolságon belüli, nincs sok esély, de a korábbi autogén „edzés” hatására kialakulhat a jó vezetőben az úgynevezett elhárítási ösztön és ez meglepően jó baleset megelőzési hatást eredményez.

A magyarországi gyalogosbalesetek vizsgálatai alapján kiderült, hogy a gyalogosok túlzott biztonságérzetével magyarázható, hogy a balesetek jelentős része kijelölt gyalogátkelőhelyen történik. Nagyon érdekes és megszívlelendő a hazai járművezetői szokások gyalogos átkelőhelyek megközelítésekor történő minősítése. Ennek az elemzések során a kijelölt gyalogos átkelőhelyeken tanúsított járművezetői magatartásokat vizsgálták. Ebben többek között azt állapították meg, hogy például gyerekek vagy idősek áthaladásakor az autósok 73 százaléka nem állt meg. Ezek közül mindössze 19 százalékuk lassított a gyalogos átkelőhely megközelítésekor.

A balesetet szenvedő gyalogosok korcsoportjai közül különösen Budapesten az 5 és 16 évesek és a 60 éven felüliek csoportjában történt a leggyakoribb baleset.

Megszívlelendő tanács az autóvezetők számára, hogy a gyermekek majdnem 50 százaléka futva kel át az útesten és 40 százalékuk nem figyel a forgalomra. A járművezetőknek kell tehát ügyelniük.

Az idős korúak mintegy 35 százalék lassan, nehézkesen halad át az útesten. Annak ellenére, hogy több mint 90 százalékuk figyel a forgalmat az átkelés közben, döntéseiket a hosszú megfigyelés után általában olyan időpontban hozzák meg, amikor az áthaladás biztonságos feltételei már nem a legkedvezőbbek.

## 2. Összefoglalás:

A gyalogos elütéses balesetek jelentős részét teszik ki az összes személyi sérüléssel közlekedési baleseteknek. A védtelen közlekedési résztvevő – gyalogos- sérülései súlyosak, szélsőséges esetekben halálos végűek lehetnek.

A leginkább veszélyeztetett gyalogos csoportokat a gyermekek és az idős emberek alkotják.

A városi közlekedésben a leggyakoribb gyalogos elütés kijelölt gyalogos átkelőhelyen (40 %), kanyarodó járművel úrkereszteződésben (40 %) következik be.

Az esti, éjszakai gyalogos balesetek többsége észlelésbeli hiányosságokra vezethető vissza, amely hiányosság döntően a járművezető részéről jelentkezik. Javítaná a helyzetet a kijelölt gyalogos átkelőhelyek megfelelő kivilágítása. (I. LED-es kontúrjelzés stb.)

A városi közlekedésben jelentős javulást lehetne elérni a gépjárművek max. 30 km/h-ban meghatározott gyalogos átkelőhelymegközelítési sebességének előírásával.

A különböző közlekedésbiztonsági kampányok hatásfokának növelése is hatásos balesetmegelőzési eszköz lehet, amennyiben a járművezetőket a defenzív vezetéstechnika alkalmazására a gyalogosokat pedig a járművek dinamikai jellemzőinek megismertetéséről tájékoztatják.

Ugyancsak hasznos eszköz lehet a mobil telefonos applikáció és adó-deponderes berendezéssel a járművezető számára a veszélyhelyzetbe kerülő gyalogos előjelzése.

A korszerű személygépkocsinál a gyalogos felismerő és vészfék asszisztens rendszerek szélesebb körű elterjedése sajnos nem olyan ütemű, mint az kívánatos lenne, ezért a klasszikus balesetmegelőzési módszerek (felvilágosítás, jogi szabályozás), a gyalogos átkelőhelyek egyértelműbb előjelzése, valamint a relatíve kis költségű, veszélyhelyzeti előjelzés mobil telefonos applikáció alkalmazásával.