

TUDOMÁNY, MODERN VILÁG
ÉS FUNDAMENTUMOK

ACTA PERIODICA



EDUTUS
EGYETEM

XIX. KÖTET

Edutus Egyetem
2800 Tatabánya, Stúdium tér 1.

Főszerkesztő:
Némethné Dr. Gál Andrea

Felelős szerkesztő:
Forrai Márta

Szerkesztette:
Vigh László PhD

MINDEN JOG FENNTARTVA

A mű egészének, vagy bármely részének másolása, sokszorosítása,
valamint információszolgáltató rendszerben történő tárolása
és továbbítása csak a kiadó engedélyével megengedett

Lektorált

ACTA PERIODICA 19. KÖTET

EDUTUS EGYETEM KIADÁSA

www.edutus.hu

ISSN 2063-501X

2020. február

Tartalomjegyzék

NYOMTATOTT POLIMEREK ANYAGJELLEMZŐI: STATIKUS HATÁRÁLLAPOTTÓL A KIFÁRADÁSI JELLEMZŐKIG BORBÁS LAJOS PhD – FICZERE PÉTER PhD	4
E-MOBILTÁS: MÁSKÉNT SZOLÁR MOBILITÁSI BESZÁMOLÓ A NAPCSIGA KÉT ESZTENDEJÉRŐL DÓRY ISTVÁN PhD	20
BUENOS AIRES, A TANGÓ VÁROSA - IDEGENVEZETŐI SZEMMEL DR. KESZTHELYI CSABA	41
FUVAROZÓI KIVÁLASZTÁS RENDSZERLOGISZTIKAI MODELLJE LÁNYI MÁRTON	49
OKTATÁS MÓDSZERTANI KIHÍVÁSOK ÉS KORSZERŰ HAZAI, KÜLFÖLDI MEGOLDÁSOK A FELSŐOKTATÁSBAN – EGY HAZAI REGIONÁLIS INTÉZMÉNY PÉLDÁJA DR. PEREDY ZOLTÁN	59
AZ ACÉL-POLIMER KÖTÉS AZ ALAGÚT VÉGÉN EREDMÉNYEK A FÉM-POLIMER HIBRID SZERKEZETEK LÉZERSUGARAS KÖTÉSTECHNOLÓGIÁJÁNAK KUTATÁSÁBAN TEMESI TAMÁS – MOLNÁR LÁSZLÓ – CSISZÉR TAMÁS PhD	86
NAPKOLLEKTOROS RENDSZEREK ENERGIAHOZAMÁT BEFOLYÁSOLÓ PARAMÉTEREK VIZSGÁLATA VARGA ZOLTÁN	99

NYOMTATOTT POLIMEREK ANYAGJELLEMZŐI: STATIKUS HATÁRÁLLAPOTTÓL A KIFÁRADÁSI JELLEMZŐKIG

BORBÁS LAJOS PhD, Professor Emeritus

EDUTUS Egyetem
borbas.lajos@edutus.hu

FICZERE PÉTER PhD, egyetemi adjunktus

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
ficzere@kge.bme.hu

Absztrakt

Az additív gyártástechnológiák igen kis vastagsági méretű (jellemzően 10 mikrométer nagyságrend) rétegek intenzív hő bevezetést alkalmazó megolvasztásával majd annak nagyon rövid idő alatti lehűlésével (század másodperc nagyságrend) alakítják ki a kívánt struktúrát. Az eljárás tipikus környezete a maradó feszültségek kialakulásának. A nyomtatási iránytól függő anyagtulajdonságok ismerete elengedhetetlen nyomtatott szerkezetek megbízható tervezéséhez.

Kulcsszavak: maradó feszültségek, anyagtulajdonságok, additív gyártástechnológia

Abstract

The desired structure is realized by additive manufacturing technology with very thin (typically of 10 micrometer magnitude) layers Today, in the recent period of the industrial revolution (I 4.0) production of new materials is everyday practice. To be able to use these materials in structure construction we have to know their properties. The current paper provides insight into this process.

Keywords: residual stresses, material properties, additive manufacturing technology

1. Bevezetés

1.1. Maradó feszültségek megjelenítése

A mérnöki gyakorlat maradó feszültségek alatt érti azokat a mechanikai feszültségeket, amelyek egy adott munkadarabban úgy vannak jelen és olyan módon mutatnak egyensúlyi állapotot, hogy az adott testre semmilyen külső erő,- nyomaték nem hat.

A kristályos testekben a feszültség tulajdonképpen azt jelenti, hogy a kristályrácsot felépítő atomok nem az "eredeti", legkisebb energiájú helyükön vannak, hanem onnan kimozdulva, az egyes atomok nagyobb potenciális energiával rendelkeznek. Ezt a kimozdítást, ezt a nagyobb energiát az egyes atomok, ill. az atomok összessége, a szilárd test attól az erőtől kapta, amely a feszültség létrejöttében közrejátszott. Ha külső erő is hat a testre, pl. egy külső húzóerő, akkor az általa keletkezett feszültségek a testben nincsenek egyensúlyban. Az egyensúly csak a külső erővel együtt áll fenn. Annak megszűnése után a feszültségállapot a testben megszűnik, vagy mindenesetre megváltozik. Rugalmas feszültségek hatására megváltoznak az atomok közötti távolságok.

A sokkristályos fémekben fellépő rugalmas feszültségeket a klasszikus osztályozás szerint - annak a távolságnak nagyságrendje szerint, amelyen belül kiegyenlítődnek - három fokozatba oszthatók [3] az alábbiak szerint:

I. rendű

maradó feszültségről akkor beszélünk, ha a test méretével összemérhető távolságon belül egyenlítődnek ki a húzó és nyomó feszültségek. Tehát a húzott, ill. nyomott állapotban lévő anyagrészek az anyag több, sokszor nagyon sok kristályára, [mm], vagy még nagyobb nagyságrendű távolságra terjednek ki. Ezeket a feszültségeket makroszkópos feszültségeknek is nevezzük. Kialakulásuk rendszerint a tárgy, szerkezet kialakításakor alkalmazott magas hőmérsékletű (cseppfolyós halmazállapot) alakadás folyamatában létrejövő szilárdulásra vezethető vissza, amikor is a különböző szemcseszerkezetek különböző időpontokban érik el a plasztikus majd rugalmas alakváltozási képességüket. A jelenség magas hőmérsékletű gyártással kialakított anyagok esetén (öntés, additív gyártástechnológia, hegesztés) egyaránt megfigyelhető.

II. rendű

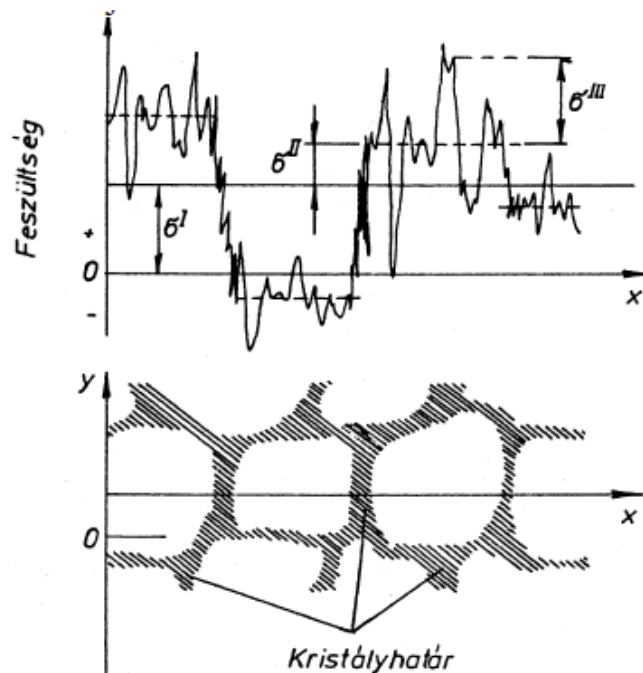
maradó feszültségről akkor van szó, mikor a húzó és nyomó feszültségek egyik kristályról a másikra átmenve megváltoznak. Ezek mikroszkópos feszültségek.

III. rendű

maradó feszültséget a kristályrács valamilyen rendellenessége okoz. Ezek leépülése, kiegyenlítődése a kristályon belül, rácselem-méret nagyságrendű távolságon megtörténik. Ezek *szubmikroszkópos* feszültségek.

A mérnöki gyakorlatban az un. I. rendű feszültségeket, az un. makroszkópikusokat tekintjük maradó feszültségeknek. Ezen feszültségek a test nagy felszíneire kiterjednek. Keletkezésükért elsődlegesen a gyártásuk során a viszkoelasztikus állapotból történő egyenlőtlen intenzív hűlés, vagy a gyártás során kialakuló maradó deformáció, illetve a helyi (lokális) térfogatváltozás a felelős. Az additív gyártástechnológiák – beszéljünk akár polimer, akár fém bázisú termékek előállításáról – tipikusan a koncentrált, rendkívül kis idejű intenzív hő bevezetés révén – a maradó feszültségek kialakulásának lehetőségét magukban foglaló technológiák. Meghatározásukra roncsolásos, valamint roncsolás-mentes eljárások léteznek, melyek részletes bemutatása jelen dolgozatnak nem feladata. A roncsolásmentes eljárások körében találjuk – többek között - az optikai feszültségvizsgálat módszerét is, abban az esetben, ha a vizsgált elem rendelkezik olyan alkalmas tulajdonságokkal, mint pl. optikai átlátszóság, megfelelő feszültségoptikai aktivitás [3], [10], [11], [12], [13].

Az egyes feszültségtípusokat jól szemlélteti vázlatosan az 1.1. ábra [2].



1.1 ábra

Maradó feszültségek típusainak sematikus ábrázolása [1]

1.2. A maradó feszültségek hatásai

Az additív gyártástechnológiákban rejlő lehetőségek eredményeként ugyanazon termék realizálása különböző irányú nyomtatásokkal is megvalósíthat.

Az azonos struktúrák eltérő irányultságú létrehozása eredményeként megvalósított szerkezet a különböző nyomtatási irányokban különböző anyagjellemzőkkel rendelkezik, amelyek meghatározása a megbízható numerikus számítások elvégzésére elengedhetetlen [14], [15].

Az anyagok terhelés hatására adott válaszát, viselkedését anyagtörvényeknek nevezzük. A feszültségi és az alakváltozási állapot közötti kapcsolatot a Hooke-törvény segítségével adhatjuk meg. Általános esetben tehát [4] (1):

$$\begin{Bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \sigma_3 \\ \tau_{23} \\ \tau_{31} \\ \tau_{12} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} & C_{14} & C_{15} & C_{16} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} & C_{24} & C_{25} & C_{26} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} & C_{34} & C_{35} & C_{36} \\ C_{41} & C_{42} & C_{43} & C_{44} & C_{45} & C_{46} \\ C_{51} & C_{52} & C_{53} & C_{54} & C_{55} & C_{56} \\ C_{61} & C_{62} & C_{63} & C_{64} & C_{65} & C_{66} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ \gamma_{23} \\ \gamma_{31} \\ \gamma_{12} \end{Bmatrix} \quad (1)$$

ahol $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ a nyúlások az 1,2,3 irányokban,

γ_{ij} ($i \neq j$) reprezentálja az elcsavarodást a főirányokat meghatározó tengelyek körül (szögtorzulás az i - j síkban) ($i, j = 1, 2, 3$) ($i \neq j$)

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ a feszültségek az 1, 2, 3 irányokban,

τ_{ij} ($i \neq j$) a csúsztatófeszültségek ($i, j = 1, 2, 3$),

C_{ij} pedig a merevségi mátrix.

Abban az esetben amennyiben megadható 2, vagy 3 irány (akár a Descartes-féle derékszögű koordináta-rendszerben (kompozitok), akár henger koordináta-rendszerben (pl. élő fa)), amelyekben az anyagtulajdonságok megegyeznek, akkor ortotrop anyagról beszélünk. Az ortotrop anyagmodell tehát egy speciális fajtája az anizotrópiának, ahol egyértelműen meghatározható két vagy három fő iránnyal jellemezhetők az anyagjellemzők. Ilyen esetben alkalmazandó az ortotrop anyagokra érvényes Hooke-törvény [4], (2):

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ \gamma_{23} \\ \gamma_{31} \\ \gamma_{12} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & 0 & 0 & 0 \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} & 0 & 0 & 0 \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & S_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & S_{55} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & S_{66} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \sigma_3 \\ \tau_{23} \\ \tau_{31} \\ \tau_{12} \end{Bmatrix} \quad (2)$$

S_{ij} pedig a kiegészítő, vagy komplementer mátrix,

Az ortotróp anyagtulajdonságok meghatározására – a részletes kifejtés mellőzésével - 9 db független jellemző ismerete szükséges.

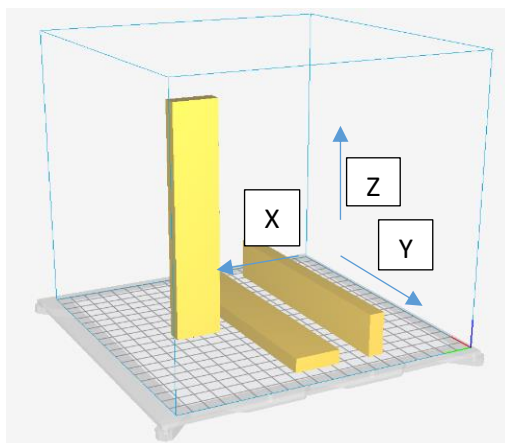
A tervezési folyamat – numerikus szimuláció – nem nélkülözheti a szerkezetépítésben használt anyagok jellemzőinek ismeretét, az egyes terhelési állapotokhoz tartozó határállapotok meghatározását. Az élettartamra történő méretezés a kifáradási határállapotú jellemzők ismeretében lehetséges, amelyekhez kísérletek, mérések sorozatán vezet az út a statikus jellemzők, valamint a dinamikus terhelések hatására bekövetkező viselkedések feltárásával.

2. Nyomtatott polimerek anyagjellemzői

Az anyagjellemzőket mérésekből határozzuk meg, a határállapotú jellemzőnek meghatározásával. A terhelések hatására adott elmozdulás válaszfüggvények ismerete alapján tudunk az anyag viselkedéséről képet alkotni. Természetesen más-más határállapotú jellemzők vonatkoznak a statikus (kvázi-staikus) terhelési körülmények közötti viselkedésre, mások a dinamikus terhelésekre adott válaszoknál, és ismét mások az ismétlődő terhelések (kifáradási határ kérdésköre) eseteire.

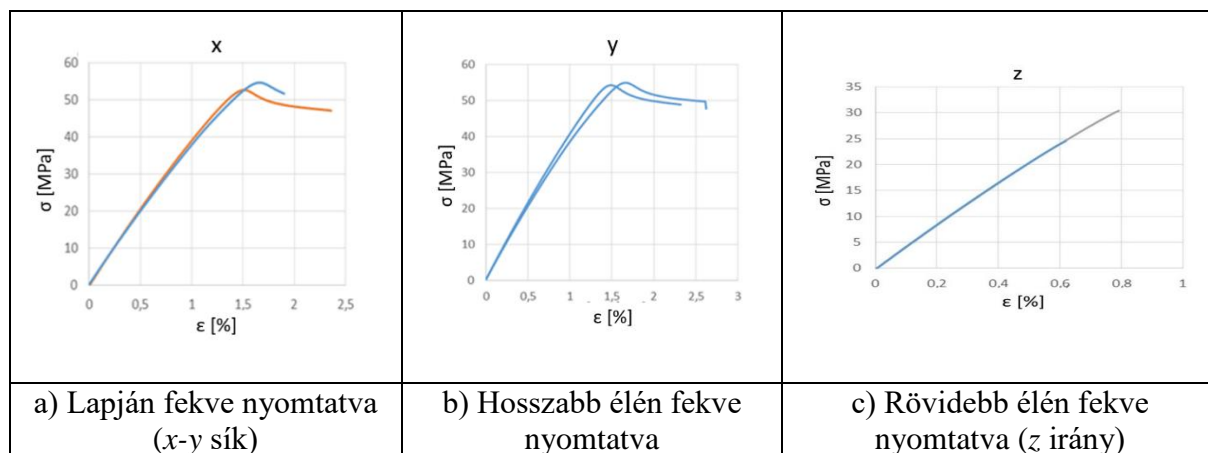
2.1. Anyagtulajdonságok statikus terheléseknél

A szerkezetépítésre alkalmas polimer gyártási technológiák közül a „*Fused Deposition Modeling*” (FDM) eljárást vizsgáltuk, *Polylactic Acid*” (PLA) anyag nyomtatásával. Miután vizsgálódásunk célja az anyagjellemzők meghatározása, a vizsgálatokat a szabványos, lapos próbatesteken végeztük el. A nyomtatási irányfüggés meghatározása érdekében a próbatesteket a lehetséges három irányban kinyomtattuk [5], és szakítóvizsgálatnak vetettük alá. Ezen szakítóvizsgálatok eredményei alapján készítettük el a három irányban nyomtatott dinamikai vizsgálathoz a próbatesteket is, amit a 2.1. ábrán mutatunk be [6].



2.1 ábra
Dinamikai vizsgálathoz nyomtatott PLA próbatetek [6]

A szakítóvizsgálatok során kapott diagramokat (feszültség – fajlagos nyúlás) a 2.2 ábrán adjuk közre.



2.2 ábra
PLA Próbatetek anyagjellemzők meghatározására, különböző irányú nyomtatással [5]

A nyomtatási iránytól függően meghatározott anyagtulajdonságokat a 2.I. táblázatban mutatjuk be.

	Szakító szilárdság R_m [MPa]	Young modulus E [MPa]
Fekve nyomtatva (x-y)	54.619±0.33	3019.817±67.909
Állva nyomtatva (z)	27.464±2.928	2891.227±6.695

2.I. táblázat
Nyomtatási iránytól függő anyagtulajdonságok [5]

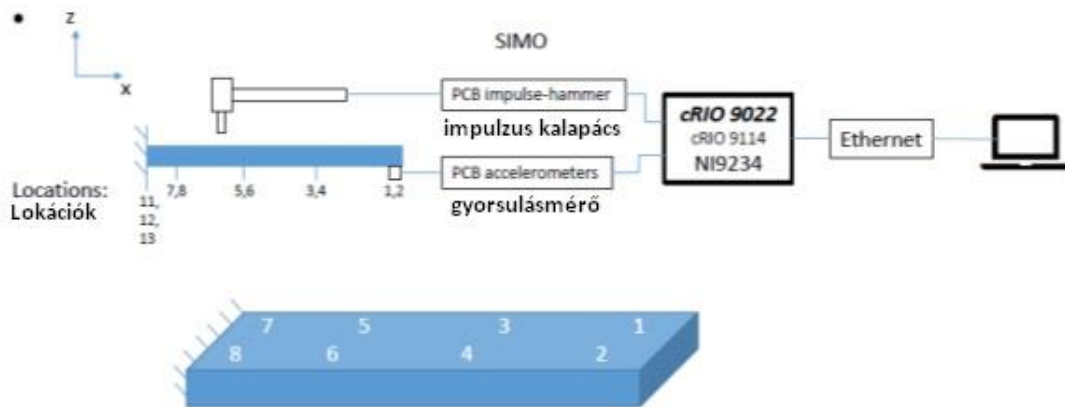
A 2.I. táblázat áttekintésekor láthatjuk, hogy a rövidebb élén álló, állva nyomtatott próbatest szakítószilárdsága az x - y síkban fekvő helyzetűnek a mintegy 50%-t éri csak el, ami igen erős nyomtatási irány függőséget mutat.

Az anyagtulajdonságok nyomtatási irányfüggésének részletes kísérleti meghatározásából megállapítható (ennek részleteinek bemutatásától jelen dolgozatban eltekintünk, az megtalálható a [4], valamint [7] irodalmakban), miszerint a 3D nyomtatott (*FDM technológia*) polimer (*PLA*) anyag viselkedése *ortotróp* anyagtörvény alkalmazásával írható le [5].

2.2. Anyagtulajdonságok dinamikus terhelések esetén

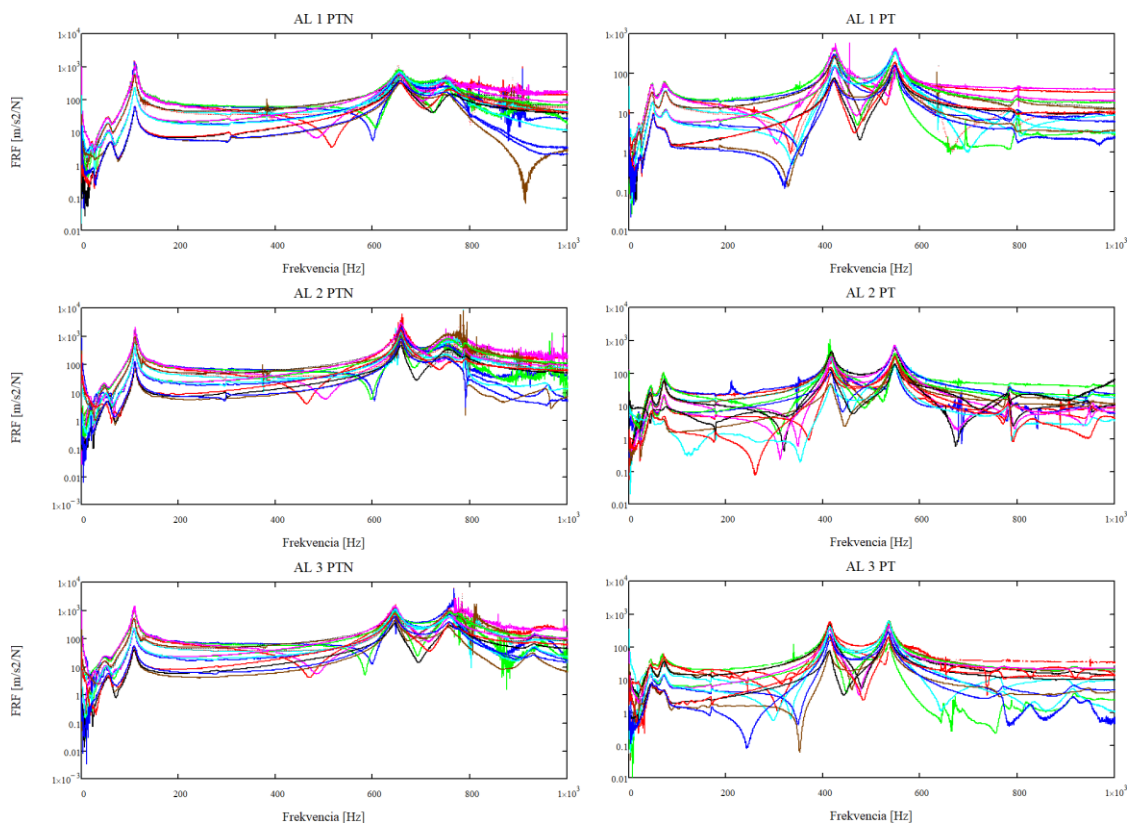
A dinamikus terhelésekre adott válaszfüggvények meghatározása különösen fontos azon szerkezeti anyagok esetén, amelyek változó terhelési körülmények között üzemelnek. A gerjesztések hatására kialakuló esetleges rezonanciák járulékos, nem tervezett igénybevételeket okozhatnak a szerkezetben, amelyek annak idő előtti meghibásodásához vezethetnek. Mindezek alapján belátható, hogy amennyiben egy anyagot a szerkezetépítésben alkalmazni kívánunk, annak csillapítási tulajdonságainak megismerése elengedhetetlen a tervező mérnökök számára.

A csillapítási jellemzők vizsgálatát befogott tartón végeztük, amelyen mérőpontokat jelöltünk ki gyorsulásmérésekre, a gerjesztést impulzus kalapáccsal végeztük [17]. A mérés-összeállítás modellje a 2.3 ábrán látható.



2.3 ábra
Csillapítási jellemzők vizsgálatának impulzus kalapács használatán alapuló modellje befogott tartón [6]

A vizsgálatokat a 2.3. ábrán bemutatott elrendezésben nyomtatott próbatesteken végeztük. A méréseink alkalmából rögzítettük a szerkezet (befogott tartó) gerjesztésekre adott válaszfüggvényeit, amelyekből az $x - y$ síkban (fekve) nyomtatott próbatesteken végzett vizsgálatok eredményeit a 2.4 ábrán adjuk közre [6].



2.4 ábra
 $x - y$ síkban (fekve) nyomtatott próbatest gerjesztési válaszfüggvénye [6]

A méréseink alapján meghatároztuk a vizsgált tartó frekvencia válaszfüggvényét (*Frequency Response Function's: FRF*), amelyet az (3) összefüggésben mutatunk be:

$$H(j\omega) = \sum_{i=1}^n \left[\frac{P_i}{j\omega - \lambda_i} + \frac{\overline{P_i}}{j\omega - \overline{\lambda_i}} \right] \quad (3)$$

$$\lambda_i = -\sigma_i + j\omega_{d,i}$$

ahol:

P_i a modus residiuma i [$m/sec/N$],

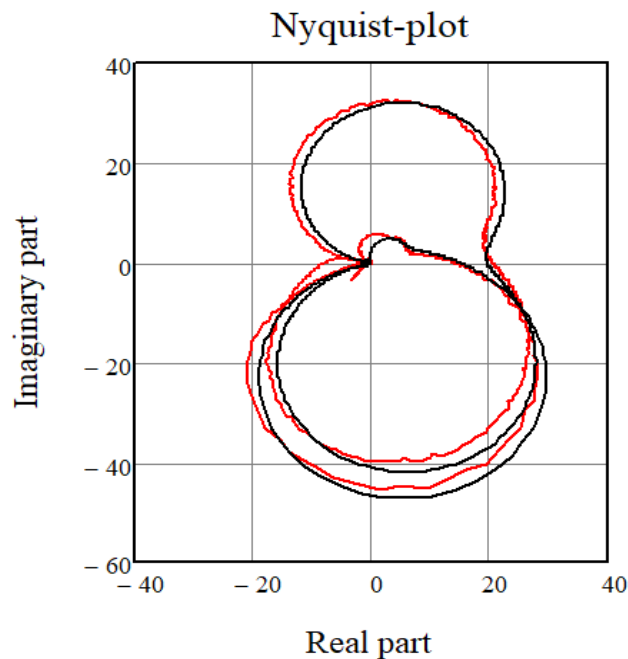
λ_i a modus komplex sajátértéke i [rad/s],

σ_i a modus modális csilapítása i ,

$\omega_{d,i}$ a modus csillapított sajátfrekvenciája i , valamint

j az imaginárius rész.

A mérési eredmények alapján felrajzoltuk a *Nyquist* diagramokat, amelyekből a hosszabbik élen nyomtatottat a 2.5. ábrán mutatjuk be [6].



2.5 ábra

Hosszabbik élen nyomtatott próbatest Nyquist diagramja [6]

A mérési eredmények értékelésekor láthatjuk, hogy a rendszer négy saját frekvenciával rendelkezik. A részletes vizsgálatok azt mutatták, hogy ezek az értékek a terhelési módnak

(hajlító, illetve csavaró: annak függvényében, hogy a vizsgált pont és a gerjesztés egy tengelyben (hajlító), vagy egymás melletti tengelyen (csavaró) helyezkedik-e el (lásd 2.3 ábra mérőpontok ill. gerjesztési lehetőségek elhelyezkedése)).

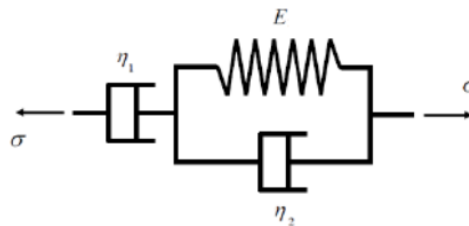
A számszerűsített adatokat a 2.II. táblázatban adjuk közre.

Modus i	1	2	3	4
f_i [Hz]	116.87	304.58	692.03	762.96
ξ_i [%]	2.61	9.14	1.49	0.93
Terhelés jellege	Hajlítás	Csavarás	Csavarás	Húzás

2.II. táblázat
Befogott tartó dinamikus vizsgálatának sajátfrekvencia adatai [6]

A dinamikus terhelések eredményeiből az alábbi következtetések vonhatók le *PLA* nyomtatott (*FDM technológia*) polimer anyag viselkedésére:

- Az *FDM* technológiával nyomtatott *PLA* polimer *viszkoelasztikus* viselkedést mutat
- A viselkedése a "Jeffrey-test" elemeinek ismeretében, (amely egy Kelvin-Voight és egy Newton test összekapcsolásával állítható elő), írható le, amely az un. *Fluid II. Modell*.
- Ezzel a modellel az arányos csillapítási viselkedés (*Rayleigh-shape*), leírható, melynek elvi összeállítását a 2.6. ábrán adjuk közre [6]



2.6 ábra
A 3D nyomtatott *PLA* csillapítási tulajdonságait (*FDM* eljárással) leíró viszkoelasztikus modell [6]

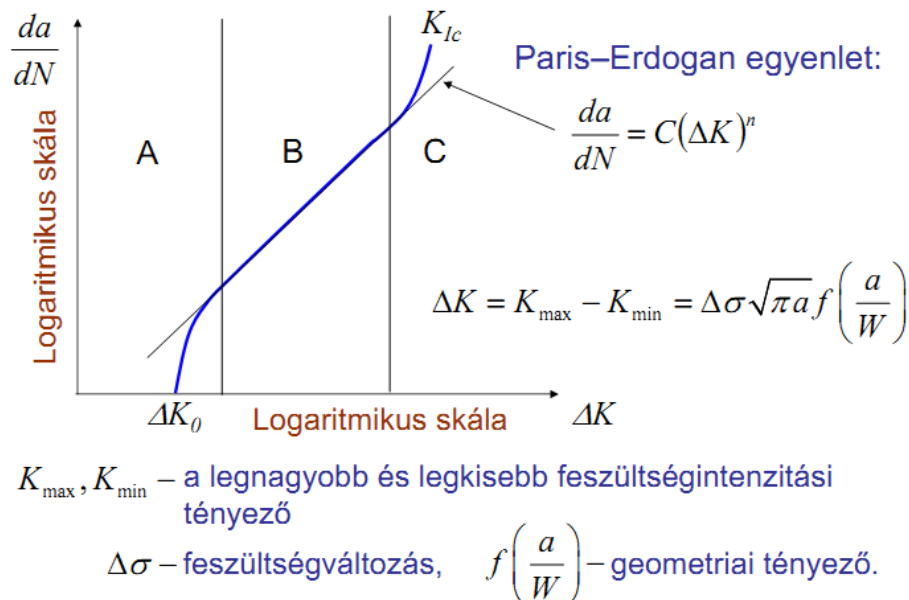
Fentiekben bemutatottak alapján megállapítható, hogy a statikus terhelési körülmények között megállapított nyomtatási iránytól függő anyagjellemzők a 3D nyomtatással (FDM eljárás) készült próbatestek esetén dinamikus terhelésekre is irányfüggő jellemzőket mutatnak, amely csillapítási jellemzők viszkoelasztikus anyagmodell alkalmazásával írhatók le.

2.3. Viselkedés ismétlődő terhelések hatására: kifáradási tulajdonságok

Polimerek esetén a kifáradási jellemzők meghatározása – különös tekintettel a viszkoelasztikus viselkedésükre, a terhelésre adott válaszfüggvényként megjelenő kúszási – relaxációs tulajdonságaikra igen összetett, ennek megfelelően különös körültekintést igénylő feladat.

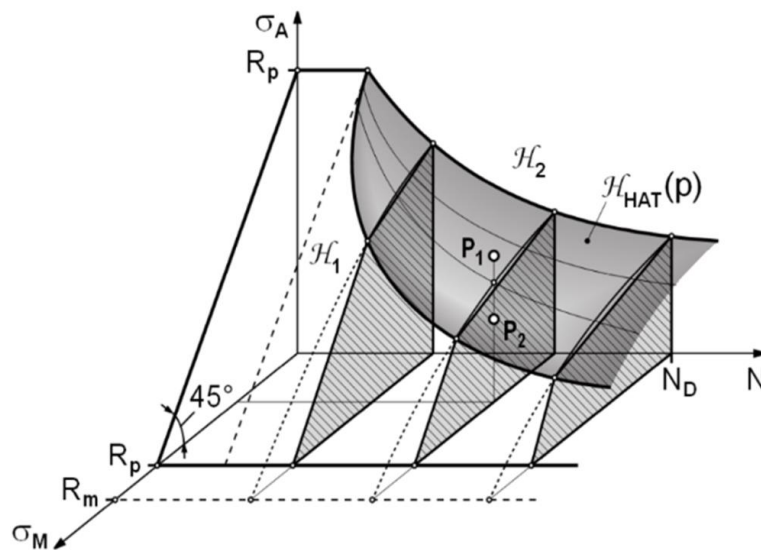
Különösen igaz a fenti megállapítás az additív gyártástechnológiával készített anyagokra. Miután ez a gyártási technológia gyakorlati bevezetése a 2000-es évek elejére tehető, a kifáradási jellemzők vizsgálati eredményei az irodalomban még nem állnak általánosan elérhető szinten rendelkezésre. A néhány elérhető publikáció [8] sem tartalmaz konkrét, méretezések alapjául szolgáló adatokat az egyes nyomtatható anyagfajták kifáradási jellemzőire, így azok meghatározása többnyire a felhasználó feladata.

A repedés terjedés folyamata leírható a Paris-Erdogan összefüggéssel [9], amelyet a 2.7. ábrán adunk közre:



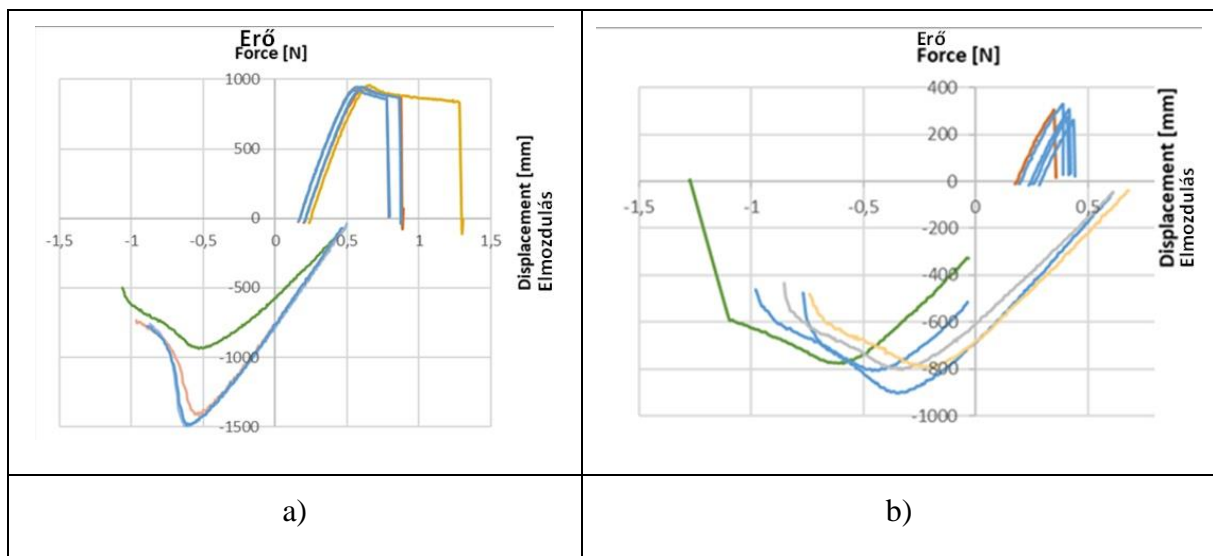
2.7. ábra
Repedésterjedés értelmezése Paris-Erdogan elmélet alapján [9]

A kifáradási határ vizsgálatát jelentősen a folyáshatár alatt terhelési kollektívával kell kezdeni (lásd 2.8. ábra), amelyhez a statikus határállapoti jellemzők ismerete szükséges.



2.8. ábra
Határállapotok a kifáradási határ meghatározásához

Nulla középterhelésű alternáló (+/-) terheléssel indítjuk a vizsgálatot két különböző: fekvő x, valamint álló, z helyzet (2.1. ábra), irányban nyomtatott próbatesteken. A nulla közép feszültségű vizsgálatok húzó, valamint nyomóoldali eredményeit a 2.9. ábra (2.9. a) fekvő nyomtatott, (2.9.b) függőlegesen nyomtatott ábra mutatja.



2.9. ábra
PLA nyomtatott próbatest kifáradási határ jellemzői nulla középterhelés esetén
a) fekvő nyomtatott
b) függőlegesen nyomtatott

3. Következtetések

Additív gyártástechnológiával készült polimer (PLA) termékek esetén vizsgálatainkból az alábbi következtetéseket vonhatjuk le azok határállapotú jellemzőinek viselkedéséről:

Az anyagjellemzők nyomtatási irányfüggést mutatnak mind a statikus, mind a dinamikus, mind a kifaradási viselkedésük tekintetében:

- A statikus terhelési vizsgálatokból az anyagjellemzők ortotróp anyagtörvénnyel írhatók le.
- Dinamikus terhelések esetén a nyomtatási iránytól függő tulajdonságok viszkoelasztikus jellemzőket mutatnak, a csavarási és a hajlítási válaszfüggvényeik eltérőek.
- A kifaradási jellemzők nulla középnyomtatáson lefolytatott vizsgálatok esetén nyomtatási iránytól függőek, húzó – nyomó terhelések esetén különbözően viselkednek.

Köszönetnyilvánítás

- *A vizsgálatok az alábbi projektek támogatásával valósultak meg: Lézer technológiai és energetikai alapkutatás megvalósítása az Edutus Főiskolán, tudástranszfer, továbbá a vállalati kapcsolatok és a társadalmi szerepvállalás erősítését célzó tevékenységekkel kiegészítve. Projekt azonosító: **EFOP-3.6.1-16-2016-000**, valamint*
- *Egyénre szabott orvos-biológiai implantátumok és segédeszközök új generációs gyártási folyamatának kidolgozása additív technológiákra. Projekt azonosító: **NVKP-16-1-2016-0022***

Felhasznált irodalom

- [1] Nagy Erzsébet: Maradó feszültségek meghatározása. Miskolci Egyetem Anyag,- és Kohómérnöki Kar, Fémtani Tanszék. PHARE HU 9705-0201-0006. Gyakorlati útmutató, 2010.
- [2] Masing: Handbuch Qualitätsmanagement Gebundene Ausgabe – 14. Mai 2007 von Tilo Pfeifer (Herausgeber), Robert Schmitt (Herausgeber), V. átdolgozott kiadás, Carl Hanser Verlag München, 2007.
- [3] Borbás Lajos, Ficzer Péter, Falk György: Additív gyártástechnológiák: lehetőségek és kérdőjelek, ACTA PERIODICA 11. KÖTET EDUTUS FŐISKOLA KIADÁSA, www.edutus.hu, pp.: 30...44, ISSN 2063-501X
- [4] Ficzer Péter, Borbás Lajos :Gyors prototípus anyagok orvosi alkalmazásának lehetőségei, kérdései. CD kiadvány: Korszerű anyagok és gyártástechnológiák a gyógyászatban konferencia. EDUTUS Főiskola, Tatabánya, 2014. 05 30-31. , ISBN E 978-963-88981-2-8 (szerző szerinti keresés)
- [5] Ficzer, Péter, Orthotrop anyagmodell alkalmazása additív gyártástechnológiával előállított alkatrész méretezése során [Usage of orthotropic material law for additive manufacturing in part design], GÉP LXVII : 5-6 pp. 78-81. (2016)
- [6] BÁLINT ÁDÁM KOVÁCS, PETER FICZERE, LAJOS BORBÁS
EXPERIMENTAL DYNAMICAL ANALYSIS OF SPECIMENS' MATERIAL PROPERTIES MANUFACTURED BY ADDITIVE TECHNOLOGIES
35TH DANUBIA ADRIA SYMPOSIUM ON ADVANCES IN EXPERIMENTAL MECHANICS. Sinai, Romania, 2018. szeptember 25...28. pp.: 49-50
https://www.dropbox.com/s/gnjlwidm95uecg/Proceedings%20DAS35_final.pdf?dl=1
ISBN 978-606-23-0874-2
- [7] Kovács Bálint Ádám: PLA anyagból additív gyártástechnológiával gyártott alkatrész dinamikai tulajdonságainak kísérleti modális vizsgálata. Záróvizsga előadás, Budapesti műszaki és gazdaságtudományi egyetem, Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, Járműelemek és Jármű-szerkezetanalízis Tanszék. 2018.
- [8] Edited by J M Hodgkinson: Mechanical testing of advanced fibre composites
Published by Woodhead Publishing Limited, Abington Hall, Abington
Cambridge CB1 6AH, England, 2000
First published 2000, Woodhead Publishing Ltd and CRC Press LLC
© 2000, Woodhead Publishing Ltd, except chapters 6, 8, 11 and 15, Crown
copyright. The authors have asserted their moral rights.
www.woodhead-publishing.com
- [9] P.C. Paris, M.P. Gomez, and W.E. Anderson. A rational analytic theory of fatigue. The Trend in Engineering, 1961, 13: p. 9-14.
- [10] Borbás Lajos - Ficzer Péter: Kérdőjelek az additív gyártástechnológiákban (maradó feszültségek polimerek nyomtatásakor) . - In: Gép, ISSN 0016-8572 , 2017. (68. évf.), 2. sz., 5-10. p.

- [11] Ficzer, P ; Borbas, L ; Szebenyi, G, Reduction possibility of residual stresses from additive manufacturing by photostress method, MATERIALS TODAY: PROCEEDINGS 4 : 5 pp. 5797-5802. , 6 p. (2017)
- [12] Ficzer, P ; Borbás, L, New Application of 3D Printing Method for Photostress Investigation, MATERIALS TODAY: PROCEEDINGS 3 : 4 pp. 969-972. , 4 p. (2016)
- [13] Ficzer, Péter, Optikai feszültségvizsgáló lehetőségek 3D nyomtatással előállított vizsgálati réteg segítségével, MŰSZAKI SZEMLE (EMT) 68 pp. 3-7. , 5 p. (2016)
- [14] Peter, Ficzer ; Lajos, Borbas ; Adam, Torok, Validation of Numerically Simulated Rapid-prototype Model by Photoelastic Coating, ACTA MECHANICA SLOVACA 18 : 1 pp. 14-24. , 11 p. (2014)
- [15] Ficzer, P ; Borbás, B, The specification of the material properties of products made by rapid prototyping to be used in final element analysis, In: 27th DANUBIA – ADRIA Symposium, Wrocław, Lengyelország (2010) pp. 51-52. , 2 p.
- [16] FICZERE, Peter, Usage of 3D printing in photostress investigation
PRODUCTION ENGINEERING ARCHIVES / ARCHIWUM INŻYNIERII PRODUKCJI 7 :
2 pp. 16-19. , 4 p. (2015)
- [17] Ficzer, P. (ONLINE) “Experimental Dynamical Analysis and Numerical Simulation of the Material Properties of Parts Made by Fused Deposition Modelling Technologies”, Periodica Polytechnica Transportation Engineering. <https://doi.org/10.3311/PPtr.13947>.

E-MOBILTÁS: MÁSKÉNT SZOLÁR MOBILITÁSI BESZÁMOLÓ A NAPCSIGA KÉT ESZTENDEJÉRŐL

DÓRY ISTVÁN PhD
EDUTUS Egyetem
dory.istvan@edutus.hu

Absztrakt

2017-ben egy 100% napenergiás jármű készült az Edutus Egyetemen a következő szempontok figyelembevételével:

Az első a rendelkezésre álló energia. A napenergia egyáltalán nem végtelen. A napelemek hatásfokát is figyelembe véve néhány száz Wattra lehet számítani három napelemtábla esetén. Ha a napelemek a jármű felületén vannak, akkor ez a teljesítmény menet közben is hasznosul. Álló helyzetben viszont tölti az akkumulátorokat.

A második a jármű felülete. Azért esett egy ilyen furgon-triciklire a választás, mert 5 négyzetméter napelemet lehet rajta erőltetés nélkül elhelyezni. Ugyanakkor van zárt vezetőfülkéje, ami magyarországi időjárás mellett elengedhetetlen. A hátsó raktér a napelemek ellenére ugyanúgy hasznosítható. Mindegyik ajtó nyitható. A 2 LE jármű elektromos fogyasztása valóban csak néhány száz Watt, ami összhangban van az akkumulátor méretével (2-3 kWh) és a napelem átlagos napi töltésével (0,5-1,2 kWh).

A harmadik szempont a napelemek tájolása. A panelok csak akkor adnák le a maximális teljesítményt, ha pont merőlegesen állnának a derült égből szikrázóan sütő Napra. Ezeket a feltételeket egy járművön nem lehet biztosítani. A napelemek szórta vannak elhelyezve, arra számítva, hogy valamelyik irányból kedvező a Nap irányszöge. Még akkor is lehet felhő, árnyék, este, eső. Annyit lehet segíteni a helyzeten, hogy parkoláskor, ami az idő 90%-a, a napelemek lehetőleg árnyékmentesen a Nap felé nézzenek, és a jobb oldali szolár panelt pedig fel is lehet nyitni a napenergia jobb begyűjtésére. Ez 70%-kal megnöveli a töltőtelteljesítményt, mondhatnánk, ez a gyors töltő.

Kulcsszavak: e-mobiltás, napenergia hasznosítás, hatásfok

Abstract

In 2017 a 100% solar-powered vehicle was constructed on the Edutus University with the following aspects taken into consideration:

Firstly, the amount of available energy. Solar energy is by no means infinite. Considering the efficiency of the solar panels, a few hundred watts can be expected in the case of three solar panels. If the solar panels are installed on the surface of the vehicle, then this performance is utilized on the go. And the batteries are charged while standing still.

The second aspect was the surface of the vehicle. We chose this type of van/tricycle because solar panels of 5 square meters can easily be placed on it. At the same time, it has an enclosed driver's cabin, which is essential due to Hungary's climate. The solar panels do not interfere with the utilization of the rear loadspace. Every door can be opened. The electric energy consumption of the 2 HP vehicle is only a few watts indeed, which is in accordance with the size of the battery (2-3 kWh) and the average of the daily charging of the solar panel (0.5-1.2 kWh).

The third aspect was the location of solar panels. The panels give maximal power only when they face the sunlight perpedicularly coming from the bright sky. These conditions cannot be met on a vehicle. Therefore we spreaded the solar panels all over the vehicle, expecting that the angle of incidence of the sunlight will be favorable from one direction. Even then there may be clouds, shadow, evening, rain. We can help this situation by ensuring that during parking, which is 90 percent of the time, the solar panels face the Sun, possibly without shadow. In addition, the right-hand solar panel can be opened up in order to optimize solar energy collection. In this regard we are currently carrying out measurements.

1. Bevezetés

A NapCsigá fantázianevű napelemes jármű 2017-ben a tatabányai Edutus Kutatók Éjszakájára készült. Az első éves jelentéshez képest a második évben szinte minden adata javult. Ebből néhány bevezetésképpen (I táblázat):

Energia	296	□□	366 kWh/év	124%
Sebesség	18	□□	21,6 km/h	120%
Max. táv	103	□□	116,3 km/nap	113%
Össz út	4768	□□	5013 km/év	105%
Átlag út	22,7	□□	26,5 km	117%

I. táblázat

A jármű főbb üzemeltetési adatai

Az átlagos utak hosszabbak lettek, nagyjából minden másnap 27 km, az éves menetteljesítmény már elérte az 5000 km-t, jelentősen növekedett az átlagsebesség, most már lényegében mindig 25 km/h-val megy, kivéve irányváltáskor, elsőbbségadás esetén. Ennek a javulásnak elsősorban az az oka, hogy az új fedélzeti komputer miatt jobban jósolható volt az energiahelyzet, és bátrabban lehetett tervezni.

2. A napjármű története

2017. szeptemberében a szolár mobil készítéséről Bezzeg Zoltán és Frank György *A NapCsigá születése* címmel írt dolgozatot (II. táblázat).

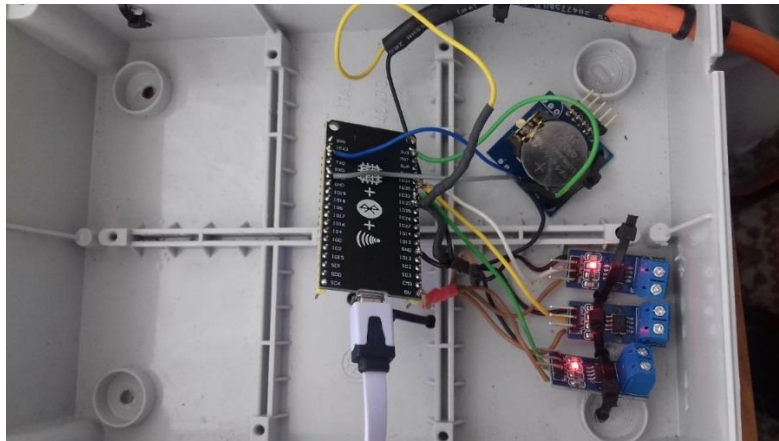
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Dátum	Nap	Hova	út[km]	U [V]	I jobb	I tető	I bal	U [V]	Időtartam	v[km/h]	kWh	P [W]
2017.09.21	csütörtök	Tatabánya	12	62,5	0	0	2	61,4	1,1	11	0,4	60
2017.09.22	péntek	Bélakör	1	62,4	0	0	0,5	62,1	0,1	10	0,7	15
2017.09.23	szombat		0	62,0	0	0	1	62,3	0,1	0	0,8	30
2017.09.24	vasárnap		0	62,0	0	0	1	62,5	0,1	0	0,6	30
2017.09.25	hétfő	készre szerelés	0	62,4	0	0	1	62,7	0,1	0	0,5	30
2017.09.26	kedd		0	62,6	0	0	1	64,1	0,1	0	0,6	30
2017.09.27	szerda	7 Bélakör	7	64,0	1	1	1	63,0	0,7	10	0,7	90
2017.09.28	csütörtök	3 Bélakör	3	64,0	1	3	2	62,8	0,3	10	1	180
2017.09.29	péntek	Filmesek	2	64,5	2	4	3	65,4	0,2	10	0,9	270

II. táblázat

Az első, még kézzel felvett adatok

A jármű felületét használt napelemek borítják, amit innen szereztünk be 30 eFt-ért: Varga Ferenc, AlfaVill Kft. 8000 Székesfehérvár, Budai út 212. (30/608-9185) Azért döntöttünk a használt napelemek mellett, mivel mozgás közben aránytalanul nagy mechanikai terhelésnek vannak kitéve, így minimalizálhatjuk az esetleges anyagi kárt.

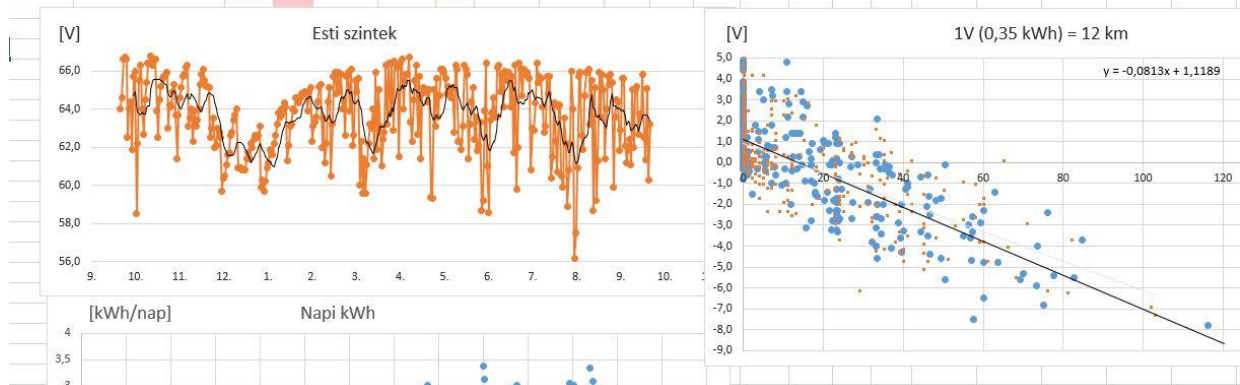
2018. októberében az ELTE SEK kampuszával együttműködésben a napjarművet egy fedélzeti számítógéppel láttuk el. Külön köszönet dr. Gál László tanár úrnak és Tornai Árpád műhelyvezetőnek. Az innen származó adatok nagyban segítettek a beszámoló elkészítését. A fedélzeti komputer percenként összegzi az adatokat a három napelem panelről, valamint az akkumulátor töltöttségi állapotáról (2.1. ábra).



2.1. ábra
Napelemes számítógép 0,5 W fogyasztással és Wifi szerverrel

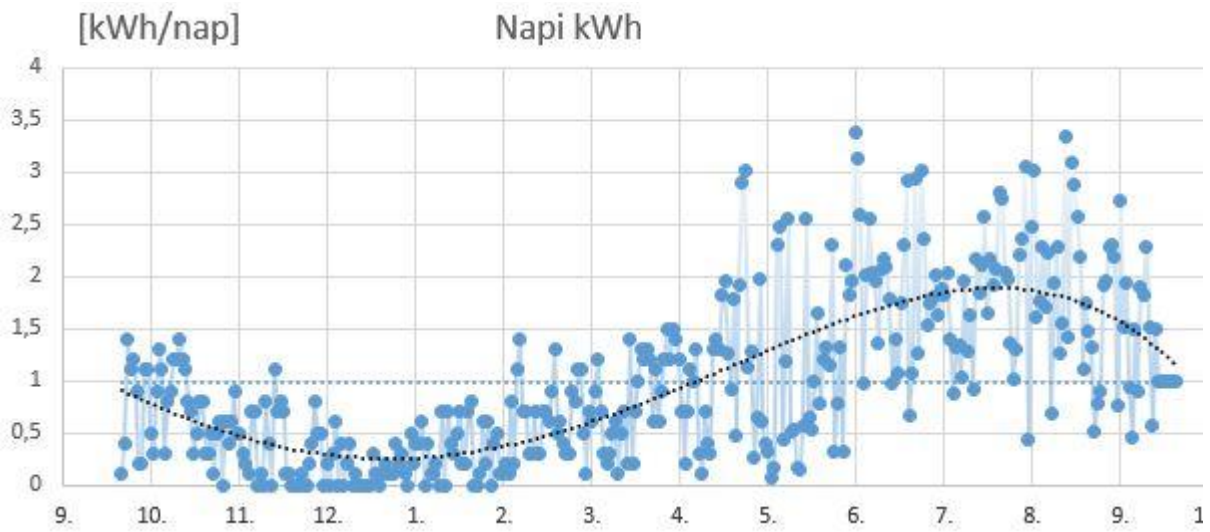
3. Grafikonok, összefüggések

Nap	Hova	út[km]	U [V]	Időtartam	v[km/h]	kWh	Ft		V2-V1	±kWh	szint1	szint2	kWh	lehet[km]		modell[km]				
szombat	Deutschkreutz	60	60,3	3,0	20	1	2600	6994,0	-4,8	-2,21	0,27	1,40	0,83	13	35	9794,0	11,8			
vasárnap		15	63,2	0,7	21	1	0	7009,0	2,9	-0,07	0,76	2,42	1,59	24	26	9809,0	32,7			
				1,23												4294,4	km/év			
		13,8	63,7	0,67	21,5	0,99	663	Ft/nap								kWh = 2,57	38,62	13,77	11,73	km/nap
		26,8	km	238,2	21,1	363	242560	Ft								± 0,79	11,83	12,98		12,48
		5035,5	összki	245,2	20,5		48	Ft/km												
		19,874	szórás			7,21	668	Ft/kWh												



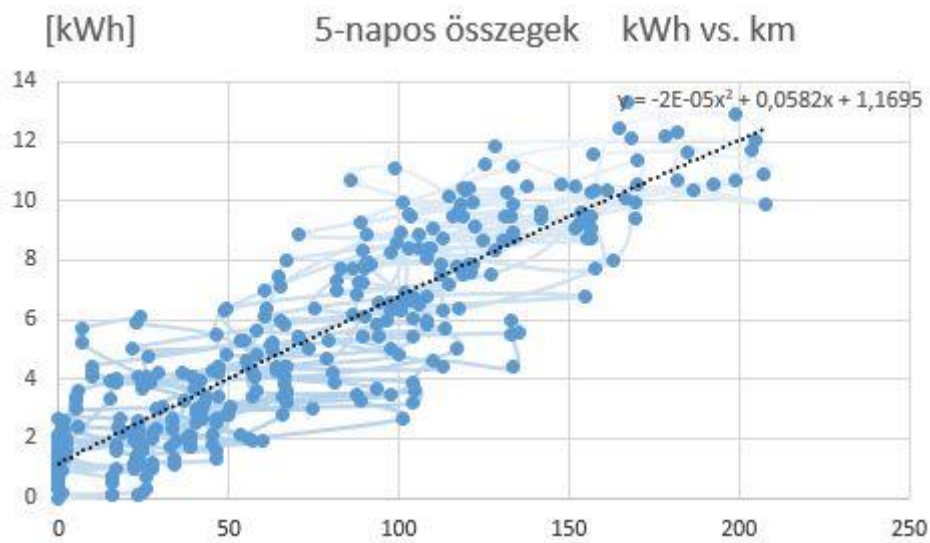
3.1 ábra

Összetett grafikon, amit minden nap kiértékelünk. Bal oldalon az esti akkumulátorszintek ingadozása, jobb oldalon a töltés és terhelés egyenlege (a megtett utak és a hozzájuk tartozó feszültségesések). Látható, hogy a NapCsiga naponta kb. 1 V-ot nyer a Naphól, és ezt 12 km-enként felemészti. A legnagyobb napi távolságok így 102, 103, 116 km-ek. Ilyenkor a feszültségesés már a kritikus 7 V körüli.



3.2. ábra

Napi szoláris nyereség a második munkaév folyamán: Áprilistól októberig a napi 1-2 kWh jellemző, télen 0,5 kWh alatti értékek, mivel télen napi 0,23 kWh elveszhet a kihasználatlanság miatt is. Az átlag lényegében 1 kWh/nap. Ezzel gazdálkodunk.



3.3. ábra

Az ábrán az 5 napra kiátlagolt szoláris nyereségek és az ugyanezen idő alatt megtett km-ek láthatók (±akkumulátor). Nyári időszakban jellemzően 10 kWh gyűlik 5 nap alatt, és a NapCsigá ezzel megtesz 170 km-t (5,82 kWh/100km).

4. A második év nevezetes adatai

Feltöltve az idő 8,8%-ában (feltöltve ugyanis már elvész a napenergia)

Átlagos töltöttség (távolsággá átszámítva): 39 km ± 12 km

Energiahatékonyság: 5,8 kWh/100 km (a nagyobb sebesség miatt romlott)

Fogyasztás: 5,5 liter/1000 km! (de azt meg is termeli)

Haszon: 244 eFt (levonva a téli gumi, festék és egyéb költségeket)

Költség: 26 Ft/km 10 évre tervezve amortizáció, karbantartás

Haszon: 49 Ft/km, ami 668 Ft/kWh, 1043 Ft/óra, 668 Ft/nap

Legnagyobb napi töltődés: 3,4 kWh/nap (június 3., augusztus 15.)

Legnagyobb csúcs: Dobogókő (700 méter)

Legnagyobb távolság 116,3 km (augusztus 1-én, 5 óra 13 perc)

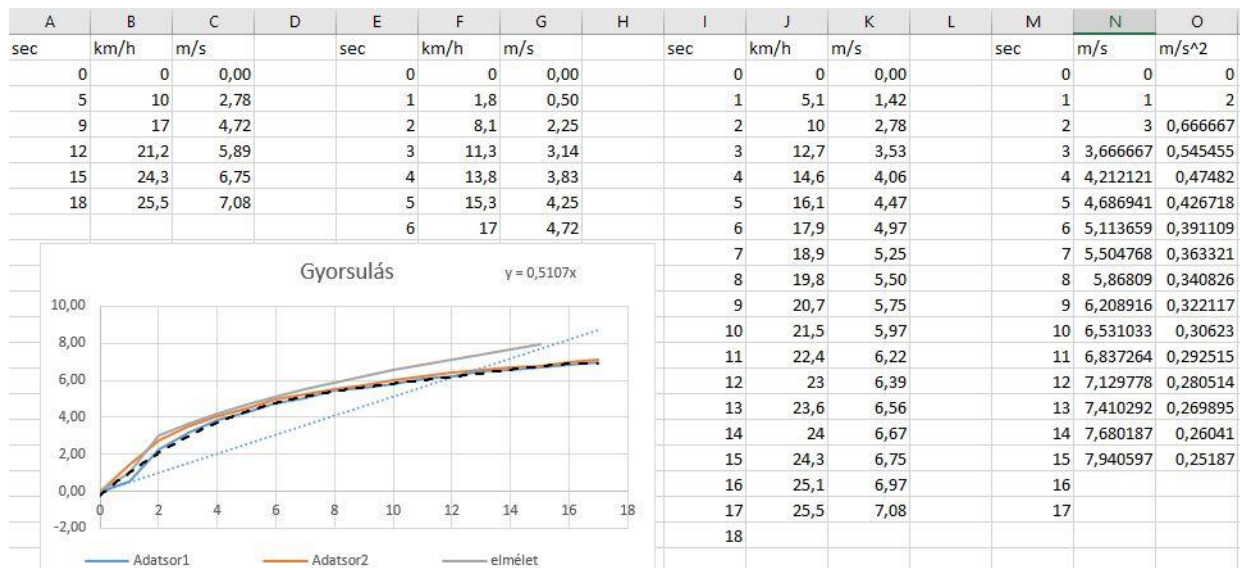
Használati idő: 40 perc/nap vagy 1 és 1/4 óra utanként

Lemerülés: 1 alkalommal a falu határában (március 8.), egyszer pedig vissza kellett fordulni

Legtávolabbi pontok: Raiding, Pest, Ságvár, Harka (9 megye)

4.1. Fizikai adatok

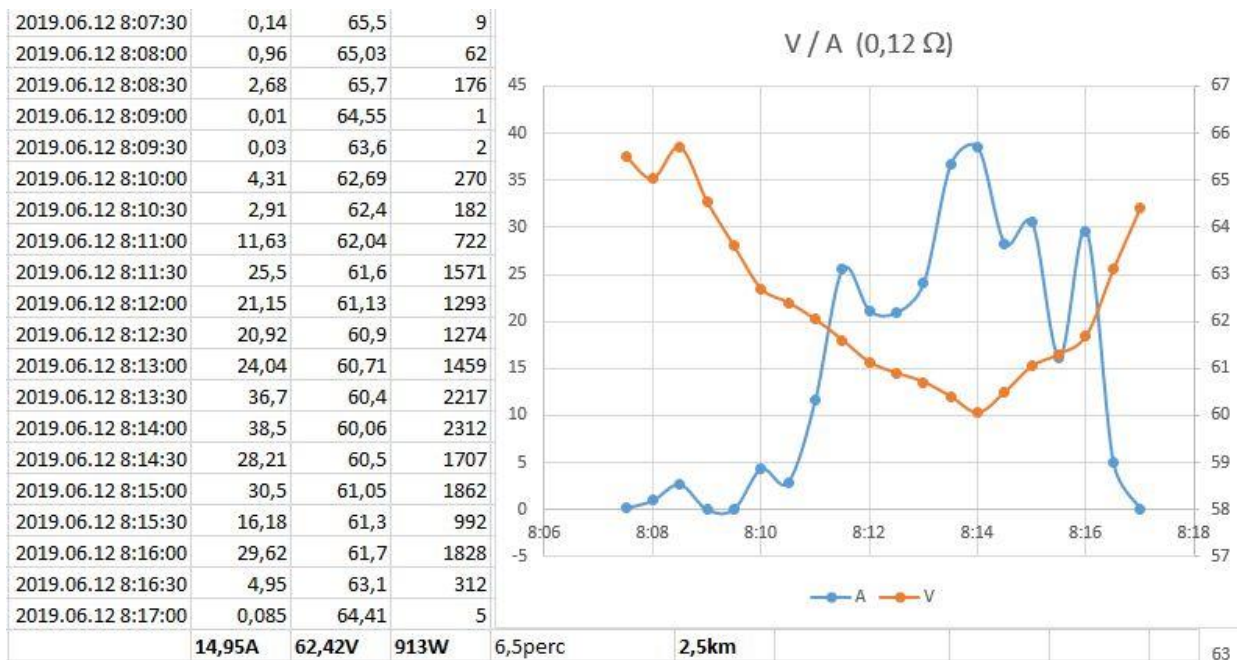
1. Átlagos gyorsulás: $0,51 \text{ m/s}^2$. Induláskor ez még $1-2 \text{ m/s}^2$, majd a növekvő sebesség és ellenállás felemészti a NapCsigna teljesítményét, és a jármű végül $1/3-1/4 \text{ m/s}^2$ -tel éri el az utazósebességét.



4.1. ábra

A gyorsulást 2 filmfelvétellel mértük meg, amelyeken másodpercenként követhetőek a sebességmérő műszer által mutatott értékek. A NapCsigna 15 másodperc alatt éri el az utazósebességét.

2. **Átlagsebesség:** a jármű tervezési sebessége 7 m/s, 25 km/h. Kb. két órát megy ezzel a sebességgel, és közben megtesz 48-49 km-t. Rövidebb utakon az átlagsebesség 20 km/h a kiállítás, forgolódás miatt. Hosszabb távokon a NapCsigna sebessége szintén lecsökken az akkumulátor kimerülése nyomán. Télen is eléri a 25 km/h-t, de csak egy óráig tudja tartani.
3. **Féktávolság:** 7 méter 2 másodperc alatt 25-ről. Ez megfelel a -3,5 m/s² lassulásnak. A „blokkolásgátló” annyira hatékony, hogy féknyomot még soha nem hagyott a jármű.
4. **Teljesítmény:** A NapCsigna motorteljesítményét eddig egyszer mértük meg - a lakatfogó/kamera-applikáció segítségével. Az 1000 W feliratú motor valójában 1,5 kW-os (mint egy porszívó). Ennyit tud a Nap, ne várjunk 100 lóerőt!

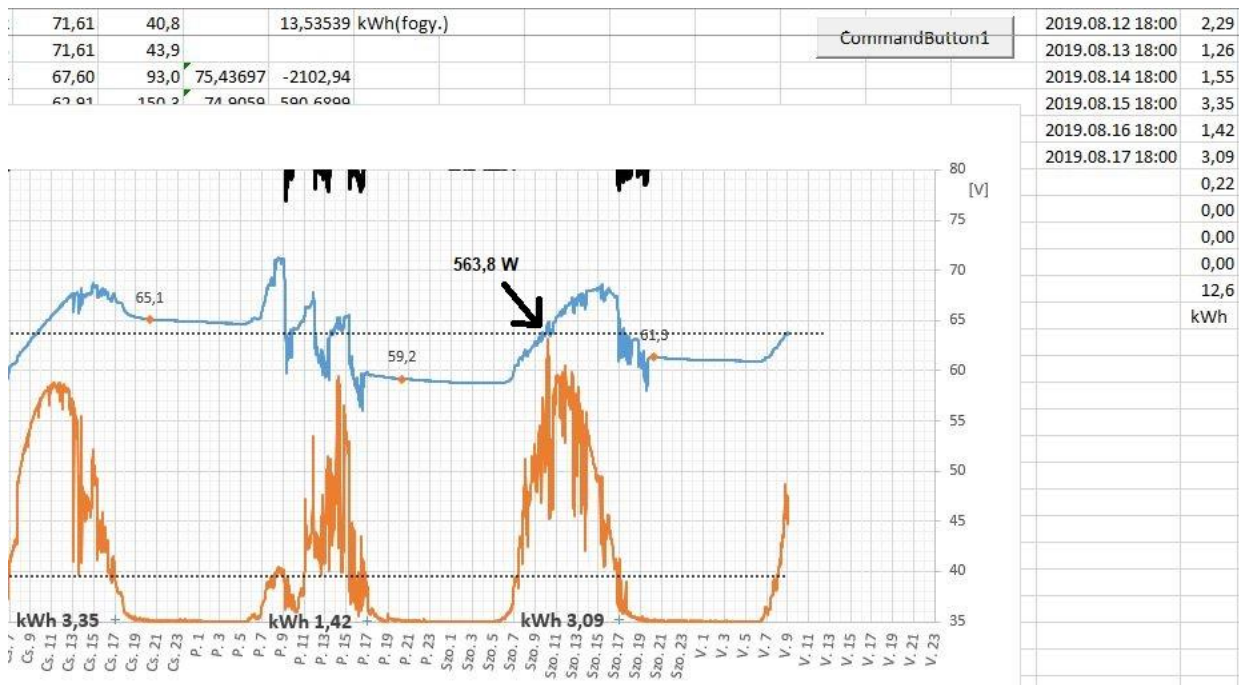


4.2. ábra

5. A 2,5 km-es teszten a motor átlagosan 913 W-tal toltta. A csúcsteljesítmény 2312W volt egy percig. Kb. ennyi a mosógép is, csak nem egy percig tart a mosás. A feszültségesésből az akkupakk belső ellenállása 0,12 Ω-nak adódott. A következőkben egy 70A-es mérőgyűrűt fejlesztünk a motorvezetékre, s ezzel a fogyasztás és töltés egyszerre mérhető lesz. Tárolókapacitás: Az akkumulátorok feszültség-emelkedése (mozgás nélküli töltődés) kb. 1,7 V/kWh az átlagos 64V környékén. Mivel a legnagyobb feszültségesés 7-8V, ezért az akkumulátorok összkapacitása 4,4 kWh-ra becsülhető, beleértve a mozgás közben elnyelt napsütést: ez

kb. 0,9 kWh. Tehát az akkumulátor kb. 3,5 kWh energiát tud adni meleg időben (télen 2-3 kWh-t). Ezt csak úgy lehetne ellenőrizni, ha egyszer meleg nyári éjjel mennénk 80 km-t, vagy téli éjjel 60-at. Erre még nem volt példa.

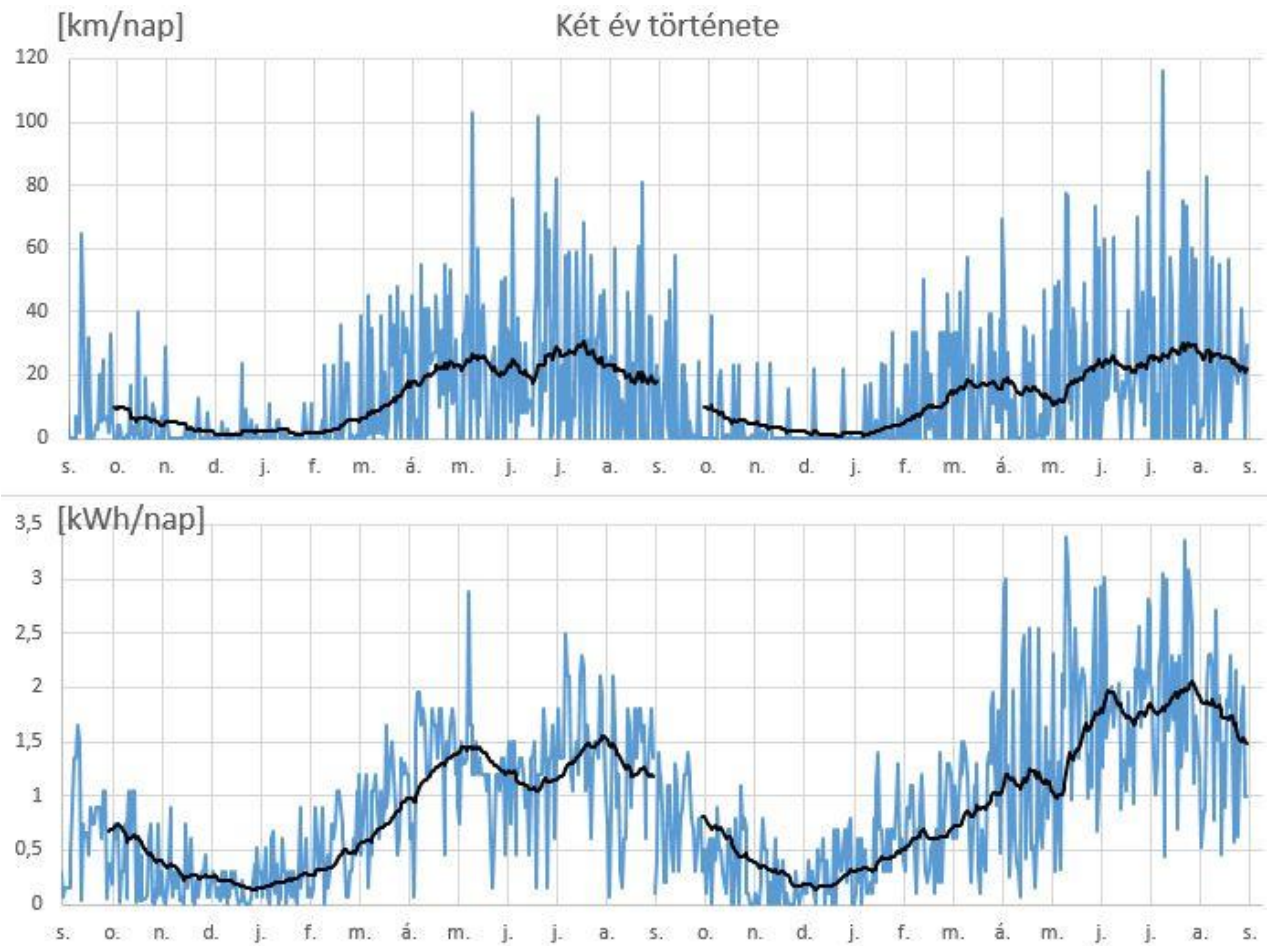
6. Szolár teljesítmény: A NapCsiga töltése menet közben általában 200 W. Parkoláskor ez néhány perc alatt eléri a 300-400W-ot, mivel az MPPT vezérlők megtalálják az optimális munkapontot, ami mozgás közben az ingadozó feszültség és a változó megvilágítás mellett nehezen lehetséges. Ha felnyitjuk a jobb oldali napelemszárnyat is, akkor 400-500 W töltési teljesítmény alakul ki jó besugárzottság mellett.



4.3. ábra

A legnagyobb töltési teljesítmény 563,8 W volt augusztus 17-én délelőtt egyetlen percig, hűvös, napos, felszakadozóan felhős időben. A napi töltési energiák nyáron 2-3 kWh körüliek. A heti töltés és fogyasztás 12-13 kWh (200-300 km).

7. Energiaeloszlás:

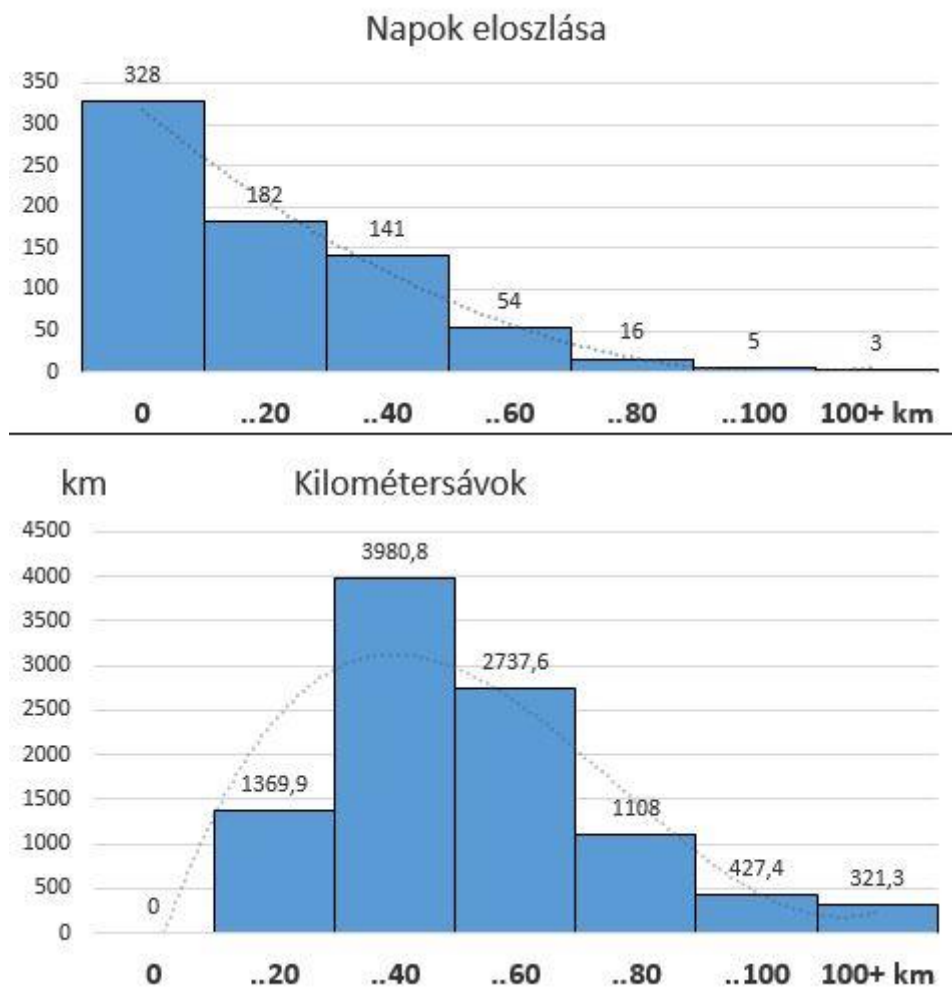


4.4. ábra

A km-ek és a kWh-k 30 napos simítással jól követik egymást

4.2. Útjellemzők

1. A naponta megtett távolságok eloszlása



4.5. ábra

A felső ábra az utak számának hisztogramja. Két év alatt a 100 km-en túli utak száma 3 volt. A 80-100 km közötti 5 útból szintén csak 427 km származott. Az alsó hisztogramon a km-sávokban megtett össz-km is leolvasható. A legtöbb kilométer a 141 darab 20-40 km-es útból származott, összesen 3981 km. A napjármű nem mozgott a napok 44%-án.

2. Úttípusok

A második év útjait célok szerint is csoportosítottuk:

Nyári tábor	65 út	550 km
Országjárás	2 út	850 km
Munkába	20 út	1100 km
Beszerzés	30 út	1100 km
Bükfürdő	17 út	640 km
Bemutató	4 út	300 km
Felesleges	9 út	450 km

Feleslegesnek számít az az út, amikor valamit nem kaptunk a boltban, vagy a NapCsigának szereztünk be alkatrészeket.

5. Összehasonlítás más napelemes járművekkel

	World Solar Challenge	NapCsiga	
Felület	4-6 m ²	4,8 m ²	azonos
Szolár teljesítmény	1-2000 W	500-600 W	de olcsó
Motor teljesítmény	2000 W	1000 W	nem jelentős
Sebesség többnyire	40-70 km/h	25 km/h	nem jelentős
Meghajtás	agymotor	differentiálmű motor	milliószámra gyártják
Stabilitás	aszimmetrikus	szimmetrikus	nem húz félre
Napoztatás	kézzel feltámoogatva	kitámasztóval	nagyon stabil
Hasznos térfogat	0	1,5 m ³	jelentős
Hasznos tömeg	80 kg	300 kg	hasonló
Személyek	1 fő	1-2 fő	nem jelentős
Gumik	3 defekt / 1000 km	0 defekt/4500 km	jelentős
Alaktényező	0,01	0,15	jelentős
Alak	nagyon lapos	inkább keskeny	parkolásnál hasznos
Gyorsulás	1 m/s ²	1 m/s ²	azonos
Akkumulátor	5 kWh	2-3 kWh	hasonló
Típus	Li-ion	gondozásmentes	de olcsó
Fogyasztás	kb. 1 kWh/100 km	4,4 kWh/100 km	hasonló
Kísérők	15 fő + 4 tonna (repülővel!)	0	A NapCsigát nem kell benzines autókkal kísérgetni!
Költség	4000 Ft/km	27 Ft/km	Óriási különbség
Biztonsági	4 pont	0	nem is kell
Visszapillantó	tükör/kamera	tükör + kamera	azonos
Hűtés	este permetezik a panelt deszt.vízzel	eső, hó	☺
Díj	nevezési díj: -12 000 \$	I. díj: 100 000 Ft	pozitív

III. táblázat

6. Összehasonlítás elektromos autonóm járművekkel

Self-Driving or Self-Charging Autonomous Vehicle

magyarul: Önvezető vagy Öntöltő autonóm járművek

A NapCsiga egyértelműen Öntöltő jármű. Van néhány ilyen a világon (pl. SiOn, LightYear One), de egyik sem állítja, hogy egy évig nem tölt hálózati áramot, csak kizárólag napfényt. A NapCsiga 100% napenergiás Öntöltő jármű. Jellemző paraméterei 25 km/h, 100 km, 5 kWh/100 km, 200 kg hasznos teher, 1,5 kW motor, 3*230W használt napelem.

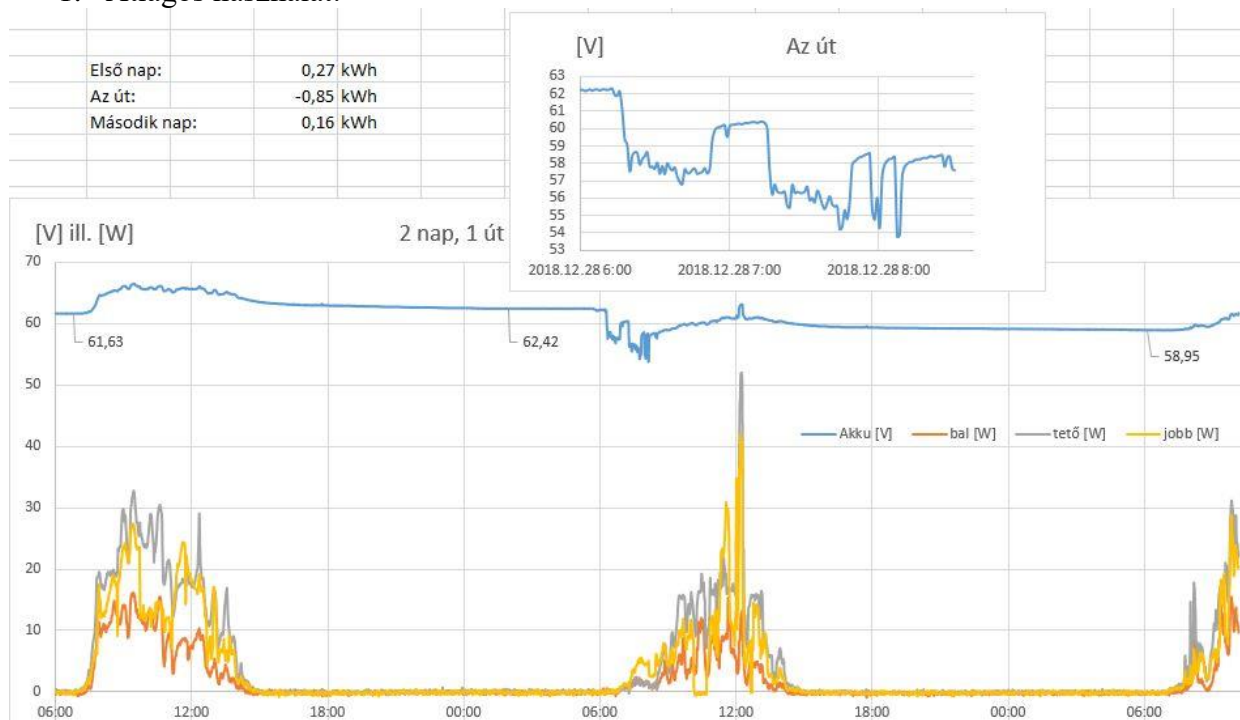
Érdeemes elgondolkodni, hogy mi a fontosabb, hogy egy jármű ember nélküli önvezető legyen, vagy energiamentes öntöltő jármű legyen. A NapCsiga nem bocsát ki semmit, nem fogyaszt fosszilis energiát, nem járul hozzá a klímaváltozáshoz. De tény, hogy fogni kell a kormányát. Volt már ilyen a történelemben.

A teljesen Önvezető járművek képesek vezető nélkül, üresen is mozogni. Az Önvezető jármű szenzoraival felméri a környezet mozgó és álló tárgyait, és ezek között számítógéppel navigál. Érdeemes tudni, hogy egy takarás esetén mindig meghatározza a DP₂₅ pontot (Decision Point at 25 km/h magyarul Döntési Pont 25 km/h esetén). Ez általában 4-5 méterrel a takarás előtt van. Ha ekkor be lehet látni a takarás mögé, akkor az Önvezető jármű meg tud állni ütközés nélkül. Ez azonban azt jelenti, hogy a DP₂₅ pontra 25 km/h-val kell megérkezni, és jó 20 méterrel hamarabb el kell kezdeni a fékezést, hogy a Döntési Ponton 25 km/h-val kiderüljön, hogy van-e valami a takarásban vagy nincs. Mivel a DP₂₅ pontok (takarások) átlagosan 20 méterenként vannak egy városi környezetben, ezért az Önvezető járművek sebessége lényegében állandó 25 km/h. Ehhez a sebességhez viszont nem is kell néhány kW-nál nagyobb teljesítmény. Ebben az esetben a jármű tömege is kisebb lehet.

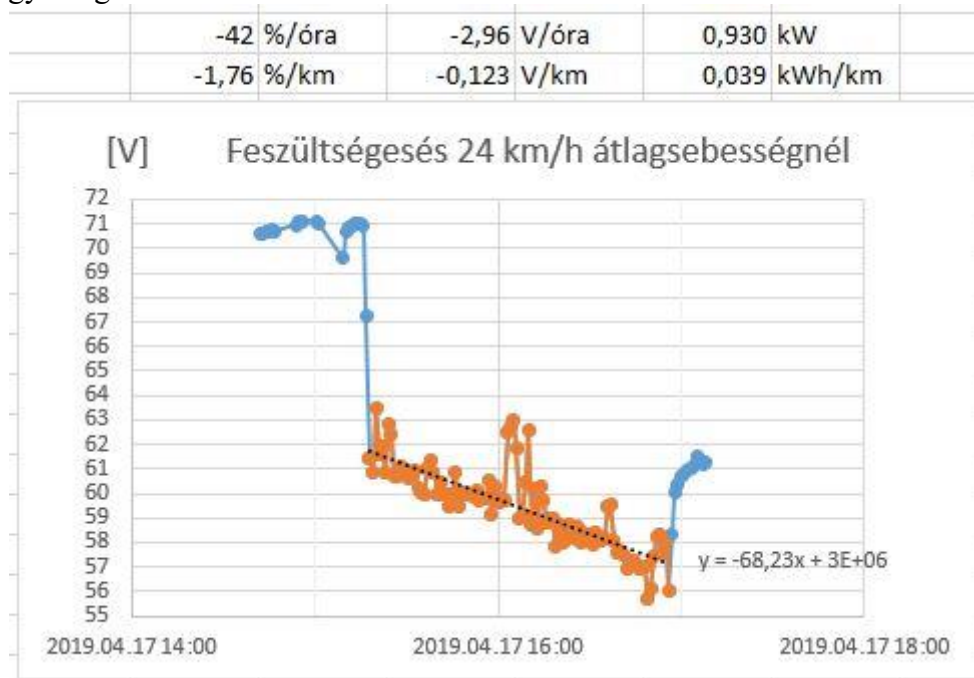
Jól látható, hogy az Önvezető és az Öntöltő járművek paraméterei egymáshoz közelítenek, és 2025 környékén fognak találkozni: 25 km/h, 100 km, 3 kW, 500 kg, napelemmel vagy anélkül.

7. Esettanulmányok

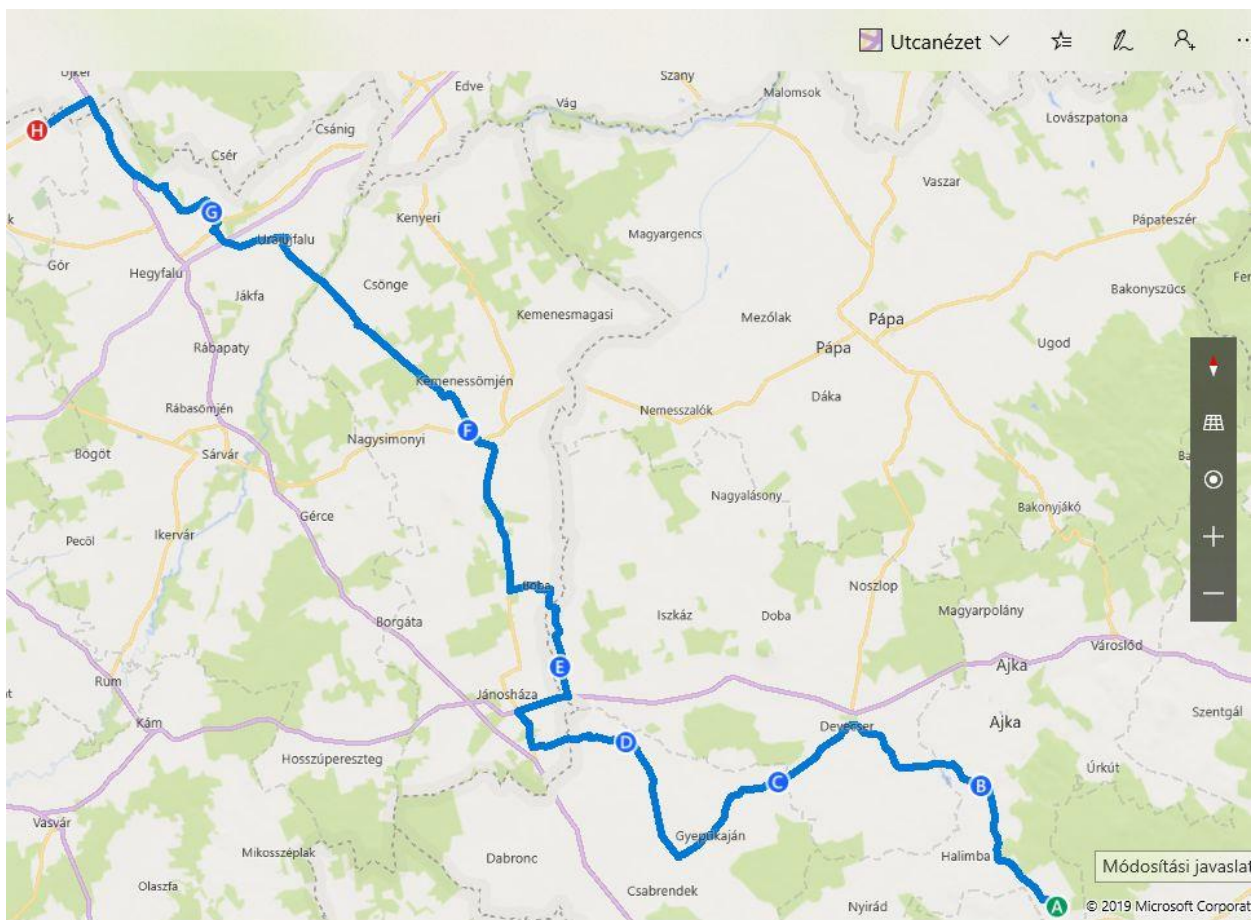
1. Átlagos használat:



2. Egy átlagos út:

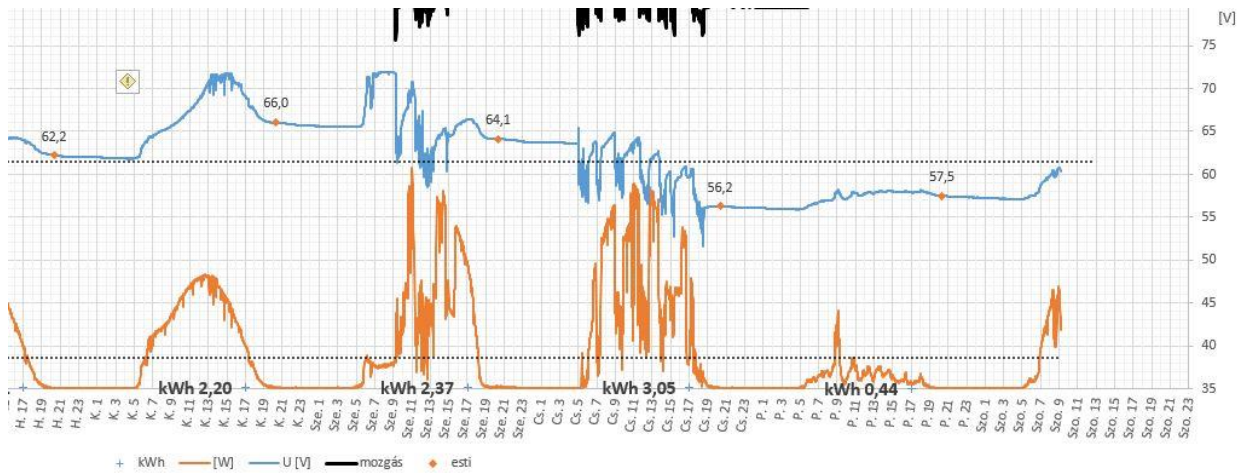


3. Hatótáv teszt:



7.1 ábra

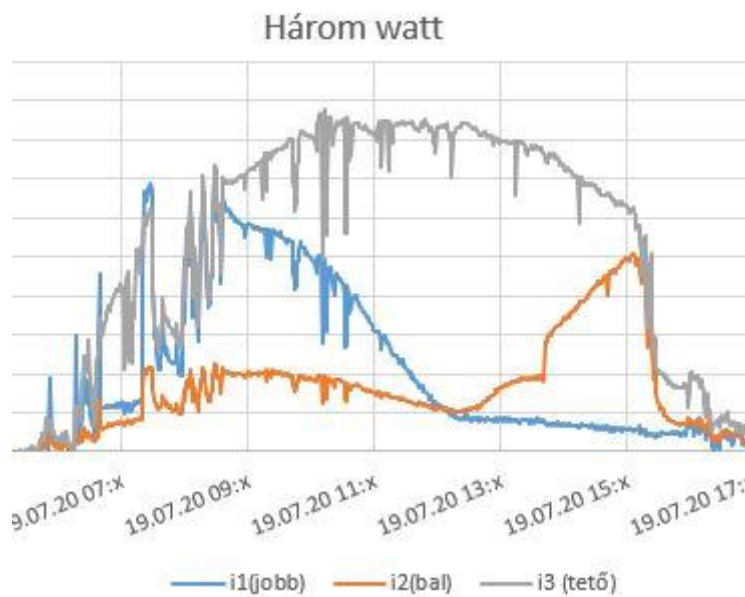
A napjármű ezen az úton tette meg a rekord jellegű 116,3 km-t augusztus 1-én Nagyvázsöny és Tormásliget között



7.2 ábra

A grafikonon látható, hogy a napjármű átlagos töltöttséggel indult, és a délelőtti folyamán meg is őrizte a 60V fölötti feszültség szinteket a jó fényviszonyoknak köszönhetően

4. Parkolás:



7.3 ábra

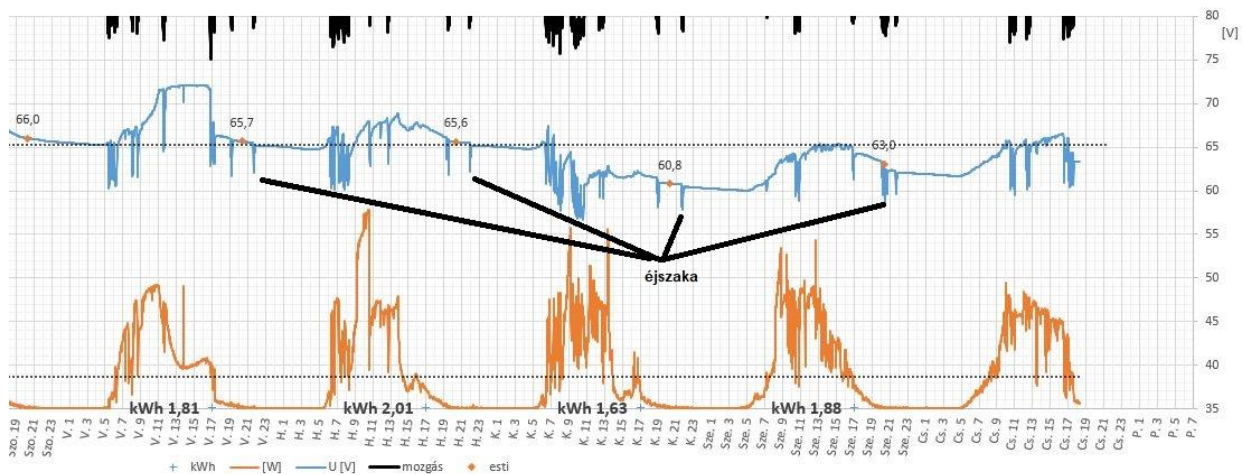
A NapCsiga egy napig déli tengellyel, becsukott napelemtáblákkal parkolt. Jól követhető, hogy a teljesítmény áttevődik délelőtt a jobb panelről a balra, miközben a tetőpanel folyamatosan nyári 140-160 W teljesítményt mutat. A sárga grafikonon 2 óránál látható egy megugrás, amikor a bal oldali parkolóhely felszabadult.

5. Lemerülés:

A Napjárom idén csak egyszer merült le március 8-án 0,2 kWh/nap szórt fény mellett 3 km-re a céltól. Mivel éppen benne volt az elektromos kerékpár (számítani lehetett erre az időjárásra), egyszerűen hazakarikáztam. Másnap szintén elektromos biciklivel begyűjtöttem, és a 3 km-t abszolváltuk.

Egy alkalommal, április 11-én a fedélzeti komputer időben jelezte, hogy Sopronhorpácsról érdemes visszafordulni, mert a zsirai kitérő és fabrikett már nem lehetséges. Ez az út -500Ft költségként lett bekönyvelve.

6. Éjszakai használat:



7.4 ábra

Az ökotábor során a NapCsiga minden este szolgálatot teljesített. A grafikonon látszik, hogy az esti rövid utak semmiben sem különböznek a nappali fuvaroktól. Hosszabb, 30-40 km-es utaknál már volna különbség az éjszakai műszakokon.

7. Karbantartás:

Az eddigi legkomolyabb hardver tuning az volt, hogy a jobb oldali, útpadkától túlterhelt hátsó kerék koronás anyáját cserélni kellett – egy jobb minőségű magyar M20-as anyára (7.5. ábra). Egyéb karbantartásokra (festés, fékbeállítás, tükörcsere, ablaktörő, ablakcsúszka) időközönként, nem szükséghelyzetben került sor. A NapCsiga rendelkezésre állása így 99,9%-os.

Ilyen volt



Ilyen lett



*7.5 ábra
Koronás anya csere*

8. A Napjármű részese a közlekedési lábnnyomból és a teljes energia lábnnyomból

MÓD	km	kWh	óra	CO ₂	Megj.		Ft	Ft/km
gyalog	600	15,0	150	15	* egészség		-40000	-67
kerékpár	800	5,4	53	5	* egészség		-40000	-50
NapCsiga	4900	360,0	233	0			120000	24
vonat	14000	560,0	350	140			40000	3 félárú, tér
autóbusz	200	40,0	10	10			600	3 vonatpótl
autó	100	80,0	3	20	** lehetne 2 tonna is		26000	260 taxi, stop
repülő	0	0,0	0	0	** lehetne több tonna is		0	50
e.bicikli	400	3,2	20	4			6000	15
ÖSSZ	21000	1064	819	194	kg		112600	5,36
	km	kWh		a vonat, NapCsiga, kerékpár kiváltott:				
		a fele		kb. 2000	kg CO ₂ -t			
		szénszemleges						

8.1 ábra

A NapCsiga évi átlag 4900 kilométerre az összes közlekedési, teherszállítási igény negyede

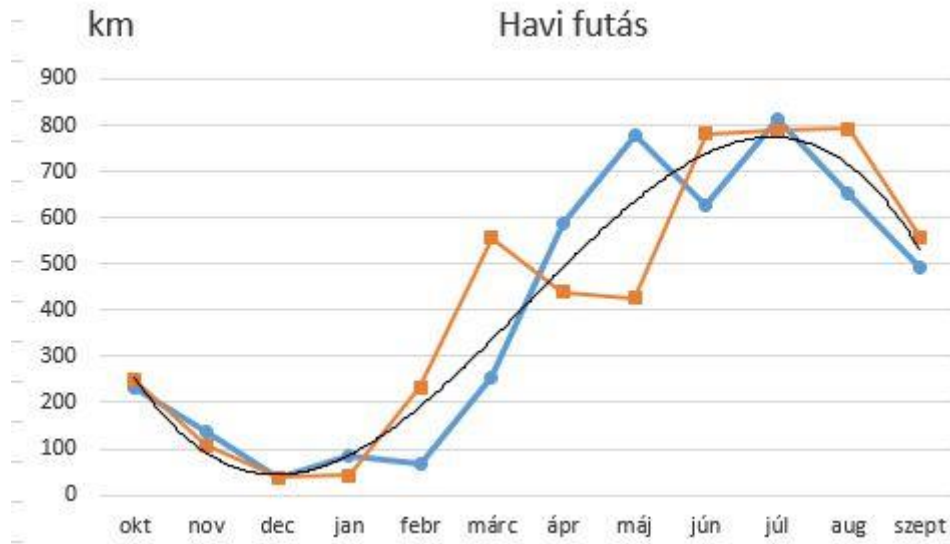
Költségterv:	Jármű	700 eFt	Futás	45000 km	10 év		
	Akku	360 eFt	Energia	3200 kWh	8,00 Ft/km		
	Napelem	90 eFt		37,50 Ft/kWh	akku		elmélet:
	Töltő	30 eFt		14,1 km/kWh	energia	autó	
		1180 eFt	-49	26,22 Ft/km	2,67 Ft/km	60	20 Ft/km
			-1043	393 Ft/óra		3200 Ft/óra	

Energetikai és gazdaságossági megtérülés

	1 főre	Fosszilis	Megújuló	Takarékosság
fűtés		21	375	-650
3x villany		8	57	-100
HMV			30	-120
iparc.		475	25	-200
étel		120	320	-220
közl.		60	70	-450
Σ		700	877 W	-1940 W
termelés:				
Nap			220	
fa			470	
kert			300	
izom			15	
Σ			1005 W	

8.2 ábra

A napjármű átlagos teljesítménye (teljes évrre, éjjel-nappal) kb.40 W. Ehhez jön még megújuló forrásból a kerékpár, elektromos kerékpár napelemtől töltve, a gyaloglás, a villanyvonat 5%-a és a lovas fuvarok. Ez adja ki együtt a 70 W-ot.



8.3 ábra

A Napjárnű két évi futásteljesítménye havi bontásban (kék az első év, sárga a második). A téli alacsony teljesítmény kisebb részben energiahiány (árnyék, köd, eső, hó, hideg akkumulátorok), nagyobb részben egyéb okokra vezethető vissza (hóhelyzet, betegség, úticél-hiány, egyéb elfoglaltság).

9. Összegzés

Az Edutus Egyetem napjarműve várakozásokon felül teljesít. Egyetlen 100% napenergiás járműként, Magyarországon egyedülálló módon terheket szállít, anyagi hasznot hajt, megújuló energiát hasznosít, nem bocsát ki semmit, nem terheli a hálózatot, energia-oktatási feladatokat lát el, demonstrál, példát mutat.

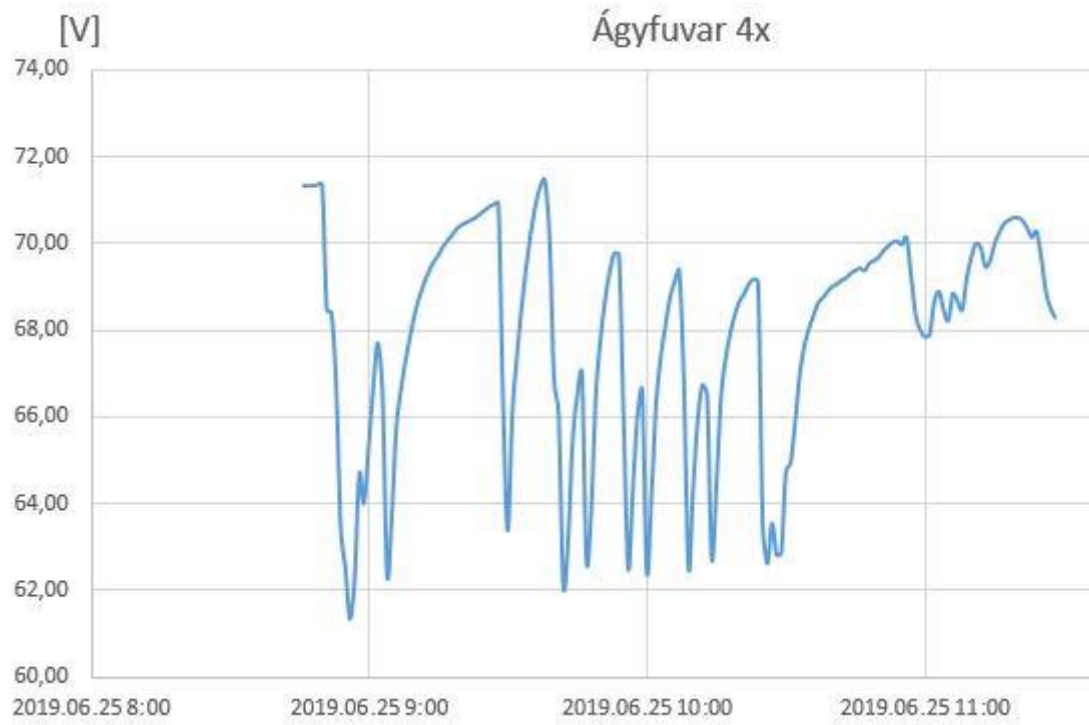
Köszönet érte a bevezetésben felsorolt együttműködőknek.

Eddig 9791 km-t tett meg, 200 településen járt, 40 bemutatón vett részt, 520 eFt hasznot hajtott, azt nem is számítva, hogy több tonna üvegházgáztól óvta meg a Föld légkörét. Fenntartható közlekedési módot képvisel a kerékpárhoz és elektromos biciklikhez hasonlóan, eltérően a fenntarthatatlan fosszilis bázisú autó-kamion-repülő-busz közlekedési rendszertől - ide értve a nagy fogyasztású elektromos autókat is.

Felhasznált irodalom

- [1] <http://sonomotors.com>
- [2] <https://lightyear.one/>
- [3] <https://www.worldsolarchallenge.org/>

Függelék



BUENOS AIRES, A TANGÓ VÁROSA - IDEGENVEZETŐI SZEMMEL

BUENOS AIRES, THE CITY OF TANGO – THROUGH A TOUR GUIDE’S EYES

DR. KESZTHELYI CSABA, mestertanár

EDUTUS Egyetem

keszthelyi.csaba@edutus.hu

Absztrakt

Buenos Aires Argentína leglátogatottabb turisztikai desztinációja. A számos látnivalót kínáló város sok hasonlóságot mutat európai nagyvárosokkal, főleg Párizssal és Budapesttel. Itt született a tangó, amely a XX.sz. elején a tangókirálynak is nevezett Carlos Gardel munkásságának köszönhetően világszerte nagy népszerűsége tett szert és Argentína legismertebb szimbólumává vált.

Abstract

Buenos Aires is Argentina's most visited tourist destination. The city, offering many tourist attractions, shows similarities to major European cities, especially Paris and Budapest. This is where tango was born, which at the beginning of the 19th century, thanks to the work of Carlos Gardel, also known as the tango king, gained worldwide popularity and became the most well-known symbol of Argentina.

1. A városról általában

A világ nagyvárosai közül számomra az egyik legkedvesebb az argentinok büszkesége, Buenos Aires, a kontinens leeurópaibb jellegű fővárosa, amelyet a dél-amerikai Párizsnek is neveznek, és amely számos hasonlóságot mutat (a XIX-XX. század fordulóján épült eklektikus épületeivel, sugárútjaival) a mi Budapestünkkel is. Ezért is forgatták Budapesten a Buenos Airesben játszódó, Eva Perón¹ életéről szóló az „Evita”, Andrew Lloyd Webber világhírű musicaljének filmváltozatát 1996-ban. Eddig tíz alkalommal vezettem magyar csoportot Buenos Airesbe, legutóbb 2019 augusztusában. „Egyike a Föld legszebb, legrendezettebb városainak” - írta róla Cholnoky Jenő neves földrajztudósunk az 1930-as években megjelent „A Föld és élete” című könyvsorozatának Amerika c. kötetében.

¹ Evita vagyis Eva Duarte Perón (1919-1952) Juan Domingo Peron elnök második felesége volt, aki rengeteget tett a szegényekért, a társadalom elesettjeiért, rászorulóikért. Tragikusan fiatalon, 33 éves korában hunyt el rákban. Egy egész ország siratta. Életében is rajongtak érte az argentinok milliói, halála után pedig szinte vallásos áhitat veszi körül a kultuszát.

Bár a kikötő természeti adottságai kedvezőtlenek, földrajzi fekvése annál szerencsésebb, hiszen a gazdag La Plata vidék központja.² A város a Rio de la Plata³ déli partján terül el, az Atlanti óceán nyílt vizétől 200-250 km-re. A város sík területen fekszik, a végtelen pampák peremvidékén, terjeszkedésének így nincsenek természeti akadályai. A szövetségi fővárosnak 3 millió lakosa van és kb. 200 km² területen a vele teljesen egybeépült 19 peremvárossal együtt viszont 3880 km²-en 10 millióan élnek, ami nagyjából megegyezik hazánk lakosságának számával. Argentína területe 2780 ezer km² és ezzel a világ nyolcadik legnagyobb területű országa, melynek 44,54 millió lakosából minden ötödik mondhatja magát „porteno”-nak (jelentése kikötői), ahogyan az argentin főváros lakói önmagukat nevezik⁴.

A főváros Argentínában mindenben a „legelső”. Ez a turizmusra is igaz, hiszen az országba látogatók kb. 80 %-a elsősorban, vagy kizárólagosan a fővárost keresi fel, ez újabb hasonlóság Budapesttel. A város kínálata és turisztikai infrastruktúrája igen fejlett. Több száz szálloda, kb. tízezer étterem, 30 színház, 250 mozi, 70 múzeum és 100 művészeti galéria várja a látogatókat. A sportrajongók 17 futballstadion (köztük a világhírű Boca Juniors és a River Plate arénája), számos uszoda és sportcsarnok közül válogathatnak⁵.

2. Néhány érdekesség a város múltjából

A világon kevés város mondhatja el magáról, hogy kétszer alapították, úgy mint Buenos Airst. Miután a portugálok 1500-ban hivatalosan is felfedezték Brazíliát, a spanyolok is expedíciókat szerveztek, hogy felfedezzék az 1494-es tordesillasi egyezmény⁶ értelmében nekik juttatott földeket. 1513-ban a spanyol Nunez de Balboa első európaiként a mai Panama területén egy magaslatról megpillantotta a Csendes-óceánt. Ettől kezdve megindult a dél-nyugati átjáró keresése. Ennek során egyre délebbre jutottak a spanyol hajósok Amerika keleti partjai mentén. 1516-ban Juan de Solis elérte a Rio de la Plata torkolatát, amelyet „Mar Dulce”-nak vagyis édes tengernek nevezett el. Az Ezüst folyó (La Plata spanyolul ezüstöt jelent) későbbi elnevezés.

Az ő nyomdokain jutott el ide 1536-ban Pedro Mendoza kormányzó és a folyó déli partján 1536. február 3-án megalapította a várost „Puerto de Nuestra Senora Santa Maria del Buen Aire” (A Miasszonyunk, Jó Szelek Szűz Máriájának a városa) néven. Ez a város nagyjából a mai Telmo és Boca negyedek helyén feküdt.

² Balázs Dénes: Argentína, Uruguay, Panoráma Bp., 1988. 171. o.

³ Rio de la Plata jelentése: Ezüst folyó. Az ország neve, Argentína pedig az ezüst istennőjére utal. Latinul az ezüst: argentum.

⁴ Az Argentin Statisztikai Hivatal adatai 2018

⁵ Balázs Dénes id. mű 172. o.

⁶ 1494-ben a spanyolországi Tordesillasban VI. Sándor pápa a portugálok kérésére felosztotta a világot Portugália és Spanyolország között, mégpedig úgy, hogy a Zöldfoki szigetektől 1184 tengeri mérföldre nyugatra húztak egy vonalat és attól valamennyi keletre eső terület Portugáliáé, a nyugatra esők pedig Spanyolországéi lettek.

A település azonban rövid életűnek bizonyult, mert az indiánok támadásai miatt 1541-ben a spanyolok kiürítették, felgyújtották és a paraguayi Assunciónba menekültek.

Közel négy évtizedet kellett várni a város második alapítására. 1580 májusában Juan de Garay kormányzó partra szállt abban a magasságban, ahol ma a Casa Rosada áll. Ez északabbra fekszik Mendoza korábbi városánál. Garay itt alapította meg másodszer immár végérvényesen a várost: Ciudad de la Santísima Trinidad y Puerto de Nuestra Señora de Buen Aire (a Szentháromság városa a Jó Szél Boldogasszonyának Kikötője) néven. Garay nemcsak a város alapítója, hanem annak első tervezője is volt egyben, aki annak arculatát mindmáig meghatározta. Ő tervezte meg és alakította ki a város sakktabla-szerű elrendezését, úgy, hogy az észak-déli és kelet-nyugati irányú sugárutak és utcák egymást merőlegesen keresztezzék. Ezt a „sakktablát” két átlós sugárút (diagonál) metszi ketté: az Avenida Presidente Roca és az Avenida Presidente Saenz Pena.

3. Főbb látnivalók

A város legpatinásabb főtere a Plaza de Mayo (Május tér). Helyét még Garay jelölte ki. A tér neve 1810. május 25-ére utal, amikor győzött a forradalom, és a téren ma is álló akkori városháza, a Cabildo erkélyéről kikiáltották az elszakadást a spanyol koronától és lemondatták Baltasar Hidalgo de Cisneros alkirályt. A tér közepén álló Május piramis is erre az eseményre emlékeztet. Az elsőt még 1811-ben emelték. A mai mintegy 12 méter magas oszlop az argentin Prilidiano Pueyrredól alkotása, amely magába foglalja az eredeti oszlopot is. Az emlékmű csúcán egy pajzsos, lándzsás görög harcos a szabadságot jelképezi. A tér legmonumentálisabb épülete a Casa Rosada (Rózsaszín Ház), az elnöki, vagy más néven kormánypalota, amely Garay első kormányzó erődjének alapjaira épült. Mai formáját Domingo Faustino Sarmiento elnöksége idején nyerte el 1873-ban. Az eredetileg író Sarmiento festette rózsaszínűre az épületet, jelezve ezzel, hogy az államfő nem húzhat egyik párthoz sem, középen kell állnia. (A konzervatívok színe a fehér volt, a liberálisoké a piros). A palota erkélyéről mondta el búcsúbeszédét Evita Perón, mielőtt a kórházba vonult meghalni 1952-ben.⁷ A palota mögött áll Juan de Garay szobra a német Gustav Heinrich Eberlein (1847-1926) alkotása. A téren az egykori legelső templom helyére építették 1755-1823 között klasszicista stílusban Buenos Aires katedrálisát. A székesegyházat két francia építész, Prospero Catelin és Pierre Benoit építette. Az impozáns épület mindmáig befejezetlen, az eredetileg tervezett két tornya soha nem készült el.

⁷ Todo Buenos Aires Editorial Escudo de Oro Barcelona 2004 5. o.

A katedrálisban nyugszik az ország legnagyobb szabadsághőse, Argentína, Peru, Chile felszabadítója, José Francisco de San Martín tábornok (1778-1850)⁸. Végül a tér fontos nevezetessége nemcsak a város, hanem egész Argentína egyik ikonikus műemléke, a már említett Cabildo, amelyet még Garay kormányzó építtetett 1711-ben. Mai alakját az 1940-es átépítés során nyerte el. Az épület ma a Nemzeti Történelmi Múzeumnak ad otthont. A Cabildo mögött emelkedik a régi képviselőház, a „Consejo Deliberante” bizarr, francia neobarokk épülete, hatalmas óra- és egyben harangtornyával. A tér északi oldaláról nyílik a híres nevezetes Calle Florida, Buenos Aires jellegzetes sétálóutcája, amely számtalan üzletével, csillogásával szünni nem akaró emberáradatával egy modern világváros kozmopolita képét mutatja.

A tér déli oldalán már a régi Monserrat negyed kezdődik, amelynek házai, palotái a XIX. századi Buenos Aires hangulatát idézik. A Peru és a Mioreno utcák sarkán álló épület az ún. Kormányzó Háza (Prospero Catelin alkotása) egy patinás műemlék. Ebben ülésezett az első Nemzeti Kongresszus és itt választották meg 1826-ban Bernardino Rivadaviát a független állam első elnökének⁹. A Plaza de Mayo keleti végében a Cabildo mellett indul az Avenida de Mayo (Május sugárút), Buenos Aires „Andrássy útja”, amely kelet-nyugati irányban összeköti a két nagy főteret, a Plaza de Mayot és a Plaza del Congreso.

A XIX-XX. század fordulóján épült eklektikus paloták nagyon sok hasonlóságot mutatnak a pesti Andrássy úti társaikkal. A minta ebben az esetben is - akár csak nálunk - a párizsi Champs Élysées volt. Az út alatt halad az 1908-ban épült első buenos aires-i metró, amely nagyon hasonlít a mi budapesti millenniumi földalattinkra. Az Avenidán keleti irányban végigsétálva a hatalmas Plaza del Congreso-ra (Kongresszusi tér) jutunk, amelynek a végében emelkedik a világ második legnagyobb parlamentje, a „Palacio del Congreso (Kongresszusi Palota) az olasz építész Victor Meano alkotása (1906). A téren áll az argentin nulla kilométerkő is, innen számítják az országutakon a távolságokat. A parlament előtt áll az ún. Két Kongresszus emlékműve (1914). A Kongresszusi Palota szomszédságában egy modern jellegtelen épület ad otthont az argentin szenátusnak.

A parlamenttől érdemes visszatérni a Május sugárúttal párhuzamos Avenida Corrientesen. A buenos aires-i ”Broadway”-n, ahol egymást érik a színházak, kávéházak, kabarék. Az Avenida de 9 Julio (Július 9-e sugárút), amely minden bizonnyal a világ egyik legszélesebb sugárútja. (Neve onnan ered, hogy 1816. július 9-én fogadták el Tucumanban az argentin Függetlenségi Nyilatkozatot.)

⁸ uo. 30. o.

⁹ Balázs Dénes id. mű 186. o.

A sugárút 2,5 km hosszú, 125 m széles, amelyet 25 háztömb lebontásával alakítottak ki. A sugárút északi részén négy háztömbnyire az Avenida de Mayoól, a Plaza de la Republicán áll a város egyik szimbóluma, kétszeri alapításának emlékműve, az Obelisz, amely egy négyszögletes, felfelé fokozatosan keskenyedő, karcsú 67 m magas oszlop. Talpazata 49 m² alapterületű (7 x 7 m). Alberto Prebisch argentin építész művét 1936. május 23-án avatták fel a város első alapításának 400. évfordulóján.¹⁰ Az Obeliszktől mintegy 100 m-re áll a világ második legnagyobb operaháza, Buenos Aires büszkesége, a Teatro Colón olasz reneszánsz stílusú épülete (terveit Francesco Tamburini, Victor Meano és Julio Dormal készítették). Ünnepélyes megnyitására 1908. május 25-én került sor Verdi Aida c. operájának bemutatásával. A tér főbejárata a Lavalle térre nyílik. A tér egyik nevezetessége a Torcuato de Alvear polgármester által 1870-ben ültetett hatalmas ceibo-fa, amely a buenos aires-i magyarok (főleg '56-osok) fontos találkahelye volt egykor.

Buenos Aires kihagyhatatlan látnivalói közé tartozik a város északi részén található Recoleta temető, a világörökség része. Nevét az itteni városrészezől kapta, amelyet egy ágostonrendi kolostor után hívtak így. (A „recolatar” ige jelentése: „kéregetni”). Az ágostonrendiek kéregető, kolduló rend voltak. Itt találhatjuk Buenos Aires koloniális építészetének egyik legszebb emlékét, a Pilar Bazilikát. A Pilar templom mellett van a Recoleta temető. Díszes főkapuját és bejárati sétányát Prospero Catelin tervezte. Az 1822-ben alapított temető Argentína egyik panteonja. Ide temetkeztek az argentin történelem, a kulturális élet legkiválóbb alakjai közül nagyon sokan. Díszes szobrokkal ékesített sírboltjaik művészi szempontból is igen jelentősek. A temetőnek a turisták által leglátogatottabb helye minden bizonnyal Juan Domingo Perón elnök feleségének Evitának (1919-1952) a sírja, akiért életében is rajongtak az argentinok milliói, halála óta pedig szinte vallásos áhítattal őrzik emlékét. Ugyancsak sokak által látogatott a városban található emlékműve is.

Buenos Aires „Városligete” a Palermo. Itt számos szép park található, mesterséges tavak, japánkert, rózsakert, lugasok és hatalmas szobrok teszik kellemessé az idelátogatók sétáját, pihenését. Az állatkert, egy botanikus kert és a planetárium is itt található.

A Retiro negyed nevével ellentétben¹¹ Buenos Aires egyik legforgalmasabb része. Ebben a városrészben helyezkedik el a három legforgalmasabb vasútállomás, a távolsági autóbuszok pályaudvara, számos buszjárat és egy metróvonal végállomása.

¹⁰ uo. 199. o.

¹¹ Retirar ige azt jelenti; visszavonulni, elvonulni a világ zajától. A XVII. században állt itt egy kisebb remetelak, ennek a közelében vert tanyát egy Augustin de Robles nevű tanító, akinek félreeső házát nevezték el Retirónak. Később egyre többen telepedtek le erre felé, így született meg a Retiro negyed.

A negyed központja a San Martin tábornokról elnevezett tér (Plaza Libertador General San Martin). A tér közepén emelkedik a hős tábornok lovasszobra (1862). A szobor mögött kezdődik Buenos Aires egyik legforgalmasabb utcája, az Avenida Sante Fe, amely a sétáló utcává alakított Floridával vetekszik. Ebben az utcában áll a Cavanagh felhőkarcoló 120 m magas, 32 emeletes épülete. Itt található az a jellegzetes óratorony, amelyet a helyiek az angolok tornyának neveztek, lévén, hogy az angolok adományozták a városnak. Az óra hosszú ideig a legpontosabb időt mutatta a portenóknak. (Az 1982. évi falklandi háború óta „Torre Monumental”-nak vagy egyszerűen Óratoronynak nevezik.) Közelében van a háborúban elesett argentinok emlékműve. A buenos aires-i tartózkodás során kihagyhatatlan egy finom ebéd vagy vacsora a Puerto Madero valamelyik tipikus argentin éttermében. A negyed Eduardo Madero mérnök nevét viseli, aki 1897-ben épített itt egy kikötőt, angol stílusú és angol anyagokból készült kikötői épületekkel, raktárakkal, dokkokkal, forgatható hidakkal. Ez azonban igen rövid idővel elkészülte után már korszerűtlennek és kicsinek bizonyult. Ezért építettek egy új - ma is használatos - kikötőt. Így az itteni terület elnéptelenedett, az épületeket egy ideig katonai célokra használták. 1989-ben aztán elhatározták, hogy az egykori kikötő területét újrarendezik, és így egy új negyed született meg a Rio de la Plata mentén, elegáns éttermekkel, üzletekkel, hivatalokkal, lakásokkal és szállodákkal. Itt van a Katolikus Egyetem is¹².

4. A tangó hazája

Világszerte az egyik legismertebb „argentinicum” a tangó. Azt szokták mondani a helyiek, hogy a tangó nem egyszerűen Buenos Aires tánca, hanem egyenesen a város lelke. Az idelátogató turistáknak, amennyiben meg akarják ismerni a helyiek mentalitását, érzéseit, gondolkodását, feltétlenül meg kell tekinteniük a számtalan színház, kabaré vagy kávéház valamelyikében egy igazi tangóshowt. Kevesen tudják, hogy ez a ma nagypresztizsú tánc, valamikor igencsak lenézett és megvetett volt, mondhatni szalonképtelennek számított. Buenos Aires legrégebbi negyedében a „Telmo”-ban és a mellette épp a tangóval együtt kialakuló „Boca” negyedben született. A Telmo helyén alapította az első várost Pedro Mendoza, akinek a szobra is itt található. Sokáig tehetős, jómódú polgárok lakták a negyedet, egészen az 1870-es évek végéig. 1878-ban egy súlyos sárgaláz járvány tört ki a negyedben, melynek az itt lakók közül számosan áldozatul estek. Ennek következtében az itteni lakók elhagyták palotáikat és északabbra, a Retiro, a Recoleta, a Palermo negyedekbe költöztek. Helyükre szegény bevándorlók érkeztek, főleg Európából (olaszok, spanyolok, portugálok, svédek, írek, lengyelek, stb.) Ők költöztek be

¹² Todo Buenos Aires 60. o.

az üresen álló palotákba, amelyeket korábban egy család lakott, de ekkor számos kis lakást alakítottak ki bennük. Egy új negyed is született a Telmo mellett, amelyet főleg genovai és svéd bevándorlók népesítettek be (ezért kék-sárga a negyed csapatának, a Boca Juniorsnak a színe.) A negyed az itteni kis folyó nevéből a Boca de Riconchuelo-ról kapta a nevét. A legtöbb ház a hajókról eltulajdonított hullámlemezekből épült, amelyeket élénk színűekre festettek. Így született a negyed világhírű utcája az El Caminito (Utcácska). Ez ma a város bohém negyede, a turisták egyik legkedveltebb célpontja. A bevándorlók többsége magányos férfi volt, akik többnyire, ha női társaságra vágytak, a környékbeli kocsmákban felszedett prostituáltakban találtak partnert. Velük táncolták ezt a forró erotikától fűtött táncot, többnyire afrikai eredetű és andalúziai dallamokra. Ezért azután igen sokáig lenézett, megvetett táncnak számított. Ebből lett mára a legnépszerűbb szalontánc, Argentína büszkesége. Világhírét a tangó királyának nevezett Carlos Gardelnek köszönheti. Ő a franciaországi Toulouse-ban született 1890. december 11-én. Innen került négyéves korában édesanyjával Argentínába. (Apja csak azután szerette volna feleségül venni az anyját, miután fia világhírnévre tett szert.) Carlos Gardel 20 éves pályafutása során (1915-1935) egyszerre volt zeneszerző, szövegíró, koreográfus, énekes és táncos. Ő színpadra vitte a tangót. Óriási sikereket aratott vele nemcsak Argentínában, hanem világszerte. Mikor az argentinok hírére vették, hogy európai turnéja során Párizsban is nagy tetszést aratott, végre a buenos aires-i „felső tízezer” számára is elfogadott, megbecsült, majd igazi nemzeti büszkeség lett a tangó¹³. Carlos Gardel pályája sajnos tragikusan rövid volt. Mindössze 45 évesen, 1935. június 24-én a columbiai Medellinben repülőszerencsétlenség áldozata lett. Ma a buenos aires-i Chacarita nevű temetőben alussza örök álmát, nem messze az argentinok által ugyancsak bálványozott Perón elnök sírjától¹⁴. De szelleme ma is él, és nemcsak az általa alapított és róla elnevezett színházban éneklék dalait, táncolják az általa koreografált táncokat, hanem világszerte.

¹³ uo. 8. o.

¹⁴ Juan Domingo Perón (1895-1974) tábornok és politikus. 1944-45-ben hadügyminiszter, 1946 és 1955 között, illetve 1973 és 1974. július 1. között köztársasági elnök. Első elnöksége idején diktatórként kormányzott, de hazafias, az argentin nemzeti érdekeket késhegyig védő, antiimperialista politikája, valamint szociális és népjóléti intézkedései (8 órás munkanap, fizetett szabadság, egészségügyi biztosítás, stb.) nagyon népszerűvé tették. Népszerűségét tovább növelte feleségének Evitának fáradhatatlan jótékonykodása, Felesége halála után népszerűsége valamelyest csökkent, 1955-ben katonai puccsal megdöntötték hatalmát és Spanyolországba emigrált. 1973-ban demokratikus választásokon győzött a peronista párt, és az akkor 77 éves Perón visszatért az elnöki palotába. 1974. július 1-jén mint hivatalban lévő elnököt érte a halál. Őt is szinte kultikus tisztelet veszi körül mindmáig.

Felhasznált irodalom

- [1] Todo Buenos Aires Editorial Escudo de Oro S.A. 2004 Barcelona
- [2] Balázs Dénes: Argentína, Uruguay Panoráma Bp., 1988.
- [3] Argentína útikönyv Lonely Planet Argentína 2018.
- [4] Cholnoky Jenő: A Föld és élete, 1930.
- [5] Jorge Luis Borges: Tangó Jelenkor Kiadó 2019.

FUVAROZÓI KIVÁLASZTÁS RENDSZERLOGISZTIKAI MODELLJE

LÁNYI MÁRTON, Phd hallgató
ÓBUDAI Egyetem-BDI
ügyvezető igazgató Kühne+Nagel Kft.
mlanyi@freemail.hu

Absztarkt

A szállítás logisztika digitalizációja elkerülhetetlen. A közeljövő egyik legfontosabb kérdése, hogy lesz-e szükség az eszközzel nem rendelkező fuvarszervezők, a szállítványozók munkájára? A cikk választ nyújt arra a kérdésre, hogy egy teljesen automatizált rendszerben elhelyezhetőek-e a szállítványozók, azok után, hogy a jelenlegi hozzáadott értékük folyamat alapon digitalizálásra kerül. A cikk leír egy rendszervezérelt szállítványozási modellt, mely a jövő szállítványozásának működési modellje is lehet.

Abstract

The digitalisation of delivery logistics is unavoidable. It is expected that the future of freight forwarding will be one of the most important questions from all the changes ahead. Will non-asset based freight forwarders work needed? Is it possible to place forwarders into a fully automated system? The article reveals how this is possible even after the process based digitalization of their current added value. The article describes a system driven automated freight forwarding achitecture, which can be the base of the future development.

1. Bevezetés

A hálózatok tudománya központi kérdéssé vált minden tudományterületen, de a logisztikában kiemelten. Az infokommunikációs forradalom eredményeként új tudományterület körvonalazódik a logisztika és ellátásilánc-menedzsment területén, ez a rendszerlogisztika. A logisztika és annak fogalomköre jelentős változásokon ment keresztül az idők során. Ezt a változást inkább fejlődésként kell felfogni, mint fundamentális változásként. Az egyes fejlődési fokok vagy lépcsők mind a logisztika, mint átfogó, rendszerszemléletű tudomány kialakulása irányába mutatnak. Ilyen fejlődési lépcsők a globalizáció előrehaladtával kialakuló ellátási láncok megjelenése, vagy a kilencvenes években teret hódító internet által gerjesztett változások logisztikai adaptációja. A jelen kor újabb kihívás elé állítja és alkalmazkodásra kényszeríti a logisztikatudományt. A világon infokommunikációs forradalom zajlik. A digitalizáció önmagában csak az analóg, papír alapú technológiák és folyamatok gépesítését jelenti, ugyanakkor számos további fejlődési tendencia alapját is képezi. A jövőben értéket képviselő potenciálok már köznevesítve szerepelnek a szaksajtóban, ilyen a Big Data¹⁵, IoT¹⁶, ipar 4.0, illetve a logisztika 4.0, melyekről jelenleg intenzív szakmai párbeszéd folyik. A fogalmak mögött rejlő jelentéstartalmak még nem kiforrottak, az azoktól várható hozzáadott értékek még nem definiáltak. Jelen cikknek nem célja e fejlesztési területek mélyebb kutatása, de egy megvalósítható alkalmazott kutatási eredmény bemutatása igen. A logisztikatudományokat a múltban és a jelenben befolyásoló tényezők jelentős része kötődik a hálózatok tudományához. A szállítási logisztika rendszervezérelt működési modellje felhasználja a Big Data analitikát, potenciálisan a mesterséges intelligenciát és kapcsolódik a logisztika 4.0-hoz.

2. Szakirodalom

Az elmúlt évtized logisztikai rendszerekkel és hálózatokkal kapcsolatos kutatásait veszem aktuális álláspontnak, melyek részint egyéni megállapításokat, részint általános konklúziókat vontak le (Estók,2017; Cservényi,2012), de figyelembe vettem az egyes megközelítések hazai fejlődését is. A logisztika és ellátási lánc fogalma a szakirodalomban több korábbi meghatározás szintéziseként jelenik meg. Jellemzően, felsorolásszerűen idézik a források által definiált jelentéseket, majd saját következtetést vonnak le és új definícióval szolgálnak (Földesi,2006; Szegedi,2017; Ványi,2012; Shao et al.,2015; Naslund,2010; Jain et al.,2010).

¹⁵ Big Data: adatbányászat, mely nagy mennyiségű adatfolyamot értelmez

¹⁶ Internet of Things: dolgok hálózata, ahol eszköz kommunikál eszközzel

A cikk a hálózat és rendszerelmélet szempontjából releváns részeket alkalmazza és eltekint az alapfogalmak újabb értelmezésétől. Több, neves professzor, sokat hivatkozott műveit kiindulási alapnak tekintem (Knoll,1999; Chikán,2008; Christopher,1998; Porter,2006). A hálózattudományt Barabási Albert László, az Egyesült Államokban kutató professzor korszakalkotó munkáját (Barabási,2008,2013; Barabási-Kepes,2010) alapul véve logisztikai szemlélettel egészítem ki, melyben Estók (2009,2011,2017) és Cservenyi (2012) munkásságát használtam fel. A hálózatok matematikai leírására használt gráfelmélet Barabási, Friedler és Kovács (Bertók–Kovács,2011; Barany et al.,2011) kutatási eredményeit alkalmazza. Ebsco és Scopus adatbázisok áttekintése során nem találtam releváns kutatási beszámolókat, sem a Network Centric Logistic, sem a Systems Logistic kifejezésre keresve, így a területet újszerűnek találtam.

3. Fuvarozói kiválasztás rendszerlogisztikai modellje

A rendszerlogisztika működését egy gyakorlati probléma megoldásával mutatom be. Kutatásom ezen része átnyúlik az alkalmazott kutatások területére. Célom az volt, hogy az elméletet gyakorlatba ültethető megoldásokkal erősítsem, ezért logikai módszertannal a fuvarozói kiválasztás feladatát oldottam meg. Ebben a rendszermodellben a fuvarozók a mikro szintű elemek, melyek fuvarhoz kapcsolásának rendszervezérelten kell megtörténnie. A központi döntéshozatal matematikai számítások alapján kapcsolja össze a legközelebbi elérhető kapacitást a megbízók által rögzített küldeményekkel. Az irányított P-gráfok matematikai alapjai lehetnek egy ilyen számítás-sorozatnak. Az önműködő központi vezérlés lényege, hogy nem szükséges hozzá emberi beavatkozás. Ez alól a szabály alól, csak rendkívüli intézkedések igénye lehet kivétel. Akkor beszélhetünk rendkívüli intézkedésről, ha a rendszer operátor által megbízott management hibát, fennakadást vagy egyéb előre be nem programozott feladatot észlel és old meg. A rendszerhez szükségszerűen tartozik management felügyelet is, mely lehet a rendszer operátora saját maga vagy különleges keresztfunkciójú feladatnál külső, akár rendvédelmi erő is. Az itt tárgyalt rendszer egy automatizált szállítási logisztikai jövőkép, melyben szerepet kapnak megbízók, fuvarozók és szállítmányozók is.

A rendszer céljai:

- Egységes európai szállításlogisztikai rendszer létrehozása.
- Szállítási rendszerek összekapcsolásával maximális gazdasági és logisztikai szinergiák elérése.
- Gyorsabb, önműködő döntéshozattal elérhető szinergiák és időhatás elérése.
- Az európai ellátás- és árubiztonság növelése.
- Környezeti terhelés csökkentése.

A rendszer résztvevői:

- Fuvarozó: végrehajtó hálózat tagja, eszközzel rendelkezik.
- Megbízó: a küldemény feletti rendelkezési joggal bíró jogi személy.
- Szállítmányozó: eszköz nélküli logisztikai vállalat, ebben a rendszerben megbízóként és fuvarozóként (gyűjtőforgalom, részrakományok esetén) vagy minősítőként is felléphet.

A rendszer működési területének behatárolása:

- CMR Egyezmény hatálya alá eső, nemzetközi, közúti teherfuvarozásra korlátozódik.
- Kereskedelmi áruszállítási igényt elégít ki.
- A résztvevők a teljesítésért pénzügyi felelősséget vállalnak.

A rendszer működésének a hatékonyságát a folytonos, többszintű minősítés emeli. Az egyes szereplők értékelése nélkül elképzelhetetlen egy hosszútávon fenntartható önműködő rendszer.

Ebben a rendszerben a következőket kell alapvetően a megbízói oldalon minősíteni:

- Megbízó: a rendszer szempontjából rendszeres vagy csak alkalmi partner. A rendszeres megbízó megbízhatósági szintje (bonitás, fuvarokondíciók helytállósága, stb.) ismert és skálázható.
- Fuvar: lényeges megismerni, hogy a felajánlott fuvar a teljes rendszer szempontjából okoz-e nehézséget. A körfuvarok üres futás nélkül teljesíthetőek, illetve a frekvenciált helyre irányuló egyirányos feladatok is könnyen kezelhetőek. Azonban előfordulhat, hogy egy megbízó csak a piac számára rentábilisan megoldhatatlan fuvarokra kér ajánlatot. Egyértelmű, hogy utóbbi esetben a szinergiahatás csekély.

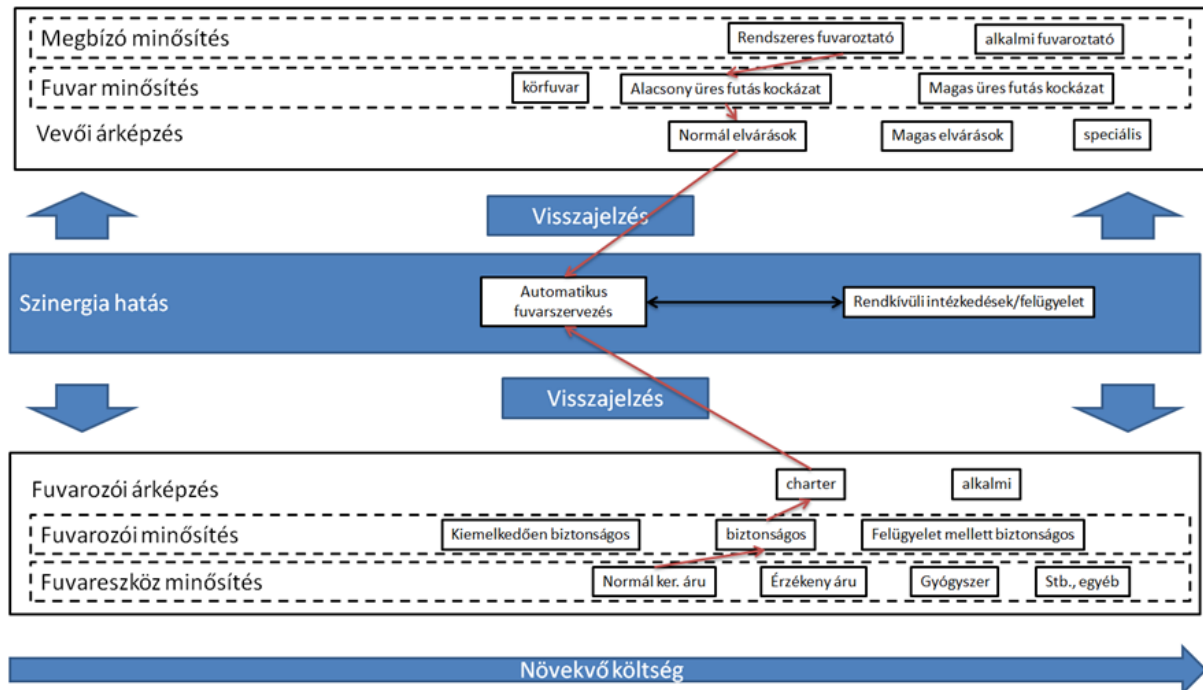
- A kialakuló, vevői (megbízó által fizetendő) fuvardíjat befolyásolja még a küldemény természetéből és a megbízó előírásai következtében kialakuló többletmunka és többletköltség. Megkülönböztethetünk: normál, magas vagy speciális elvárásokat.

A fuvarozói oldal minősítési szintjei:

- Alapvető követelmény, hogy a fuvareszközök megfeleljenek egy alapvető normának, szabványnak. A legegyszerűbb megfogalmazás szerint, a jármű legyen műszakilag megbízható, üzemképes állapotban és az áru jellegének megfelelő technikai feltételeknek eleget tegyen a küldemény biztonságos továbbításának érdekében. Fentieket már a megbízás előtt ellenőrizni szükséges. Általában a fuvaroztató további különleges elvárásokat is megkövetel, mint például a jármű környezetvédelmi besorolásra, tisztaságra vagy külső megjelenésre, feliratokra vonatkozóan.
- A fuvarozó, mint vállalat értékelése elengedhetetlen a fuvar lebonyolításának sikeressége szempontjából, mely alapján a kiválasztás alapvetően eldől. A fuvarozói kiválasztás lehet kényszerpálya vagy előre átgondolt követelményrendszer alapú. Amennyiben a fuvaroztató kényszer hatására dönt, jó, ha számba tudja venni, milyen veszélyekkel jár adott fuvarozó megbízása és ezért a megfelelő ellenintézkedéseket fogantathatja. Inkább jellemző, hogy a gyakrabban fuvaroztató vállalatok tapasztalataikra építkezve szabványokat írnak elő, melytől nem térnek el. Ezen szabványok jelenleg nem egységesítettek, azok csak az egyes megbízók által megfogalmazott elvárásoknak felelnek meg, másképpen mondva: egy rendszeren belül lehetnek csak a fuvarozók egymással csereszabatosak. Rendszerlogisztikai célkitűzés a szabványokat egységesíteni és széles körben kiterjeszteni.
- A fuvarozó maga is eldöntheti, hogy részt kíván-e venni egy automatizált rendszerben, illetve, ha igen, akkor milyen mértékben. Hozzáállása szerint a rendszer minősíti őt: lehet alkalmi vagy állandó partner. Az alkalmi fuvarozó helyileg kialakult kapacitáshiányra nyújt megoldást, az állandó munkát keresők, pedig az értékesítési tevékenységüket igyekeznek részben vagy egészben kiszervezni. Az állandó feladatokkal ellátott járművek ezért alacsonyabb fajlagos költség mellett közlekednek, míg az alkalmi fuvarozók előnye a jókor, jó helyen lévő járműből adódik.

A minősítési feladatok architektúráját a következő ábrán mutatom be. Elképzelésem szerint az egyes értékelések egy értékelési rendszert képezve emelik az egész rendszer hatékonyságát. Befolyásolják a járművek bevethetőségét, a fuvarozók feladatra szabott alkalmazhatóságát és együttesen kialakítják a fuvardíjat. Megbízói oldalon a minősítés nem más, mint, a fuvarfeladat

specifikációja és a megbízó-rendszer viszony értékelése. Az ábrán feltüntetett visszajelzések lehetnek a rendszer által generált tárgyilagos változók, mint a jármű időben érkezése a fel- és lerakóra vagy az megbízó időbeni pénzügyi teljesítése. Másrészt, a visszajelzések szubjektívek is lehetnek, a résztvevők észrevételei alapján. A kialakuló összkép elegendő információt nyújt arra, hogy kimerítse a gondos kiválasztás fogalmát egy automatizált rendszerben is.



1. ábra: automatizált fuvarozói kiválasztás architektúrája
 Forrás: saját szerkesztés

Az automatikus fuvarszervezés p-gráf alapú algoritmusokat használva köti össze a felmerülő igényeket a kapacitással a minél nagyobb szinergiahatás elérése érdekében. A jövő technológiája azonban a mesterséges intelligencia alkalmazásában rejlik, mely használata éppen a felvázolt feladatra lesz képes gyors, és hatékonyságában a jelenleg ismert módszerekhez képest jobb megoldást nyújtani. A mesterséges intelligencia egyik kutatási iránya a nagy mennyiségű adatok (itt: idő, távolság, kapacitás, értékelés stb.) értelmezése egy nagy komplexitású rendszerben, melyhez elengedhetetlen a gépi tanulás képessége. Az elért szinergiahatás annál nagyobb, minél nagyobb földrajzi és tevékenységi területet fed le a rendszer.

A hatás többrétű:

- Gazdasági: az üres futásteljesítmények csökkentésével, csökken a fajlagos fuvardíj, illetve az állandó megbízások lehetővé teszik, hogy a fuvarozó csökkentse az értékesítésre szánt költségeit.
- Biztonsági: a rendszer használata emeli az ellátási és az árubiztonságot. Például, JIT alapú ellátási láncokhoz csak a legpontosabb fuvarozókat és a technikailag legmegbízhatóbb járműveket rendel. Magas áruértékhez, pedig a legjobban illő, belső felügyelettel és biztonságtudatossági szinttel rendelkezőket kapcsolja.
- Logisztikai: ide sorolom azon szinergiahatásokat, melyek révén olyan képességek jönnek létre, amelyek korábban nem voltak jelen, jellemzően kiszolgálási és információs szint emelkedése, átfutási idők és készletszintek csökkenése várható.
- Környezetvédelmi: Az üresen közlekedő járművek károsanyag-kibocsátása nem jelentkezik.

A kivételek és rendkívüli események kezelése, valamint a rendszer felügyelete és karbantartása egy központi management feladata, globális kiterjedés esetén beszélhetünk managementekről is. A management azonban, ahogy a rendszer is, neutrális szereplő, célja a működés biztosítása. Akkor avatkozik be, amikor a helyzet megkívánja, legyen az reklamáció vagy különleges eljárás eredménye. További teendő a rendszer architektúrájának a továbbfejlesztése és a közreműködők jogosultságainak követése, valamint a külső támadások elleni sérülékenység csökkentése, figyelembe véve a hálózatok topológiáját. A rendszer résztvevői közül közreműködő lehet minden különleges jogosítványt szerző fél, például egy szállítmányozó, amely rendelkezik megfelelő minőségbiztosítási szervezettel. A szállítmányozók jellemző alaptervékenysége a fuvarozók minősítése. A rendszer által elvárt minőségi szabványok, akkor vannak jól megfogalmazva, ha azzal egy közös szakmai álláspont alakítható ki, ilyen formában a szállítmányozó standardizált minősítése a rendszer alapja tud lenni. Az automatikus kiválasztási rendszer nem tud tehát egy kialakított, standardizált értékelő hálózat együttműködése nélkül megvalósulni. A közreműködők díjszabás alapján végzik a munkájukat, melyet az értékelt köteles megtéríteni, eredménye pedig az egész rendszert erősíti. A szállítmányozó jövőbeli hozzáadott értékét tehát e logikai gondolatmenettel is igazolni lehet. Elsődleges értéke, tehát a biztonság megteremtése, de nagy volumenű megbízóként a rendszer használatát előnyére is fordíthatja, amikor több kisebb mennyiséggel rendelkező fuvaroztatót képvisel, ezáltal a mennyiségi árelőnyét tudja kamatoztatni.

Azon fuvarok, amelyek szétfeszítik a rendszer kereteit, ad hoc vagy más néven spot feladatokként jelenhetnek meg, sorsukat az éppen elérhető kapacitás és vállalozási kedv határozza meg. Ilyen esetekben a rendszer csak egy online piactér, ahol azonban csak minősített partnerek vehetnek részt. Az egyes szereplők eldönthetik, hogy milyen árszabás mellett szerződnek.

4. Összegzett megállapításaim

A cikkben bemutattam a jövő szállítmányozásának egy lehetséges módon automatizált architektúráját, mely alkalmas a mesterséges intelligencia felhasználására is. Bizonyítottam, hogy szállítmányozási tevékenység a jövőben is a szállítási logisztika egyik alappillére lesz, közreműködése megkerülhetetlen, de jellegében átalakul. Ráműtattam, hogy a szállítási logisztika előttünk álló, elkerülhetetlen változásai hatására a rendszerszintű hatékonyság kerül előtérbe, magas szintű együttműködés és versengés mellett tudományosan szervezett rendszerek kialakításával, melyben a szállítmányozó szerepe a kisebb piaci szereplők rendszerbe integrálása, valamint együttműködés szabványok kialakításában és ellenőrzésében van. Megterveztem egy rendszervezérelt szállítmányozási platformot, mely több szempontú minősítési rendszert tartalmaz.

Irodalomjegyzék

- [1.] ESTÓK S.: „A modern logisztikatudomány fejlődésének kapuja kitérve”, 2017, kézirat, elektronikusan a szerző által megküldve 2017.03.08-án
- [2.] CSERVENYI D.: „Az ellátási lánc információs rendszereinek integrációs pontjai II. Rendszer-és folyamat-szemlélet az anyag-és információáramlás viszonylatában.” KATONAI LOGISZTIKA (ONLINE 2011-TŐL), 20(1.), 33, 2012
- [3.] FÖLDESI P.(szerk.): „Logisztika I.-II.”, elektronikus jegyzet, Széchenyi István Egyetem, Győr, 2006, letöltve: 2017.05.09, online: <http://jegyzet.sze.hu/index.php?fajl=jegyzett&tsz=lo&intz=eki&kr=mtk&PHPSESSID=9277432d94df39910a458e39afb1db4a>
- [4.] SZEGEDI Z.: „Ellátásilánc-menedzsment”, könyv, (2.kiadás), Kossuth kiadó, Budapest, 2017, ISBN 97896309-8876-7
- [5.] VÁNYIN.: “Members of a supply chain and their relationships”, 2012, Applied Studies in Agribusiness and Commerce, 6(5), pp. 131-134.
- [6.] SHAO,J. –SUN, Y.-NOCHE, B.: „Optimization of Integrated Supply Chain Planning under Multiple Uncertainty”, 2015, DOI 10.1007/978-3-662-47250-7_2, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, ISBN: 978-3-662-47249-1, p189
- [7.] JAIN, J.- DANGAYACH,G.S.- AGARWAL,G.-BANERJEE,S.: „Supply Chain Management: Literature Review and Some Issues”, Journal of Studies on Manufacturing (Vol.1-2010/Iss.1) pp. 11-26, 2010
- [8.] NASLUND,D.: „What is Management in Supply Chain Management? - A Critical Review of Definitions, Frameworks and Terminology”, Journal of Management Policy and Practice vol. 11(4) 2010, pp.11-29
- [9.] KNOLL I.: „Logisztika a 21.században. Profitnövekedés logisztikai eszközökkel.”, KIT Képzőművészeti Kiadó Budapest, (3. kiadás), 1999
- [10.] CHIKÁN A.: Vállalatgazdaságtan, 4., átdolg. kiad., 2008 Aula Kiadó, Budapest.
- [11.] PORTER, M.E.: Versenystratégia, 2006, Akadémiai Kiadó, ISBN:9789630583497
- [12.] CHRISTOPHER, M.: „Logistics & supply chain management: strategies for reducing costs and improving services”, Pitman Publishing, London, 1998
- [13.] BARABÁSI A. L.: Behálózva, a hálózatok új tudománya, Helikon Kiadó ISBN 978 963 227 258 0 pp. 216-237, 2008
- [14.] BARABÁSI A. L.: Network science, 2013, Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 371(1987), 20120375.
- [15.] BARABÁSI A. L.- KEPES, J.: Villanások: a jövő kiszámítható. Nyitott Könyvműhely.2010

- [16.] ESTÓK S.: „A katonai és civil ellátási lánc fejlődésének lehetőségei nemzetközi környezetben”, Phd értekezés, Zrinyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest,2011
- [17.] ESTÓK S.: „Hálózatközpontú integrált interdiszciplináris logisztika”, BOLYAI SZEMLE XVIII: (3) pp.23-33., 2009
- [18.] BERTÓK B. –KOVÁCS Z.: „Gyártórendszerek modellezése”, Egyetemi tananyag, Pannon Egyetem, Typotex kiadó, 2011, ISBN 978-963-279-491-5
- [19.] BARANY M.-BERTOK B.-KOVACS Z.-FRIEDLER F.-FAN L.T.: „Solving vehicle assignment problems by process-network synthesis to minimize cost and environmental impact of transportation”, Springer-Verlag, 2011, DOI 10.1007/s10098-011-0348-3

OKTATÁS MÓDSZERTANI KIHÍVÁSOK ÉS KORSZERŰ HAZAI, KÜLFÖLDI MEGOLDÁSOK A FELSŐOKTATÁSBAN – EGY HAZAI REGIONÁLIS INTÉZMÉNY PÉLDÁJA

DR. PEREDY ZOLTÁN, intézetvezető

EDUTUS Egyetem

peredy.zoltan@edutus.hu

Absztrakt

Az egyes országok felsőoktatási rendszereinek globális kihívásokkal kell szembenéznük: a felsőoktatás tömegesedése, a hallgatói csoportok eltérő összetétele és elvárásai („testre szabott felsőoktatás”), a felsőoktatás szolgáltatási és üzleti/vállalkozói jellegének erősödése (az egyetemek korábbi klasszikus szerepének átértékelése: oktatás és kutatás mellett a tudáshasznosítás), a gazdaság igényeihez jobban igazodó képzési struktúra, új oktatás szervezési és módszertani megoldások kényszere, a hallgatókért folytatott erőteljes verseny (demográfiai és egyéb okokból). A felsőoktatást versenyképesebbé tévő kezdeményezéseknek ezért egyre nagyobb jelentőségük lesz.

A tanulmány a hazai felsőoktatás kihívásai közül a felsőoktatásba jelentkező hallgatói létszám csökkenésének okait, valamint a különböző hallgatói csoportoknak a felsőoktatással szembeni elvárásait, értékrendjét, a hazai és nemzetközi felsőoktatási módszereket vizsgálja, hogy javaslatokat fogalmazzon meg a magyar felsőoktatás vonzóbbá tételére oktatás módszertani szempontból az Edutus Egyetem műszaki képzésének példáján keresztül.

Abstract

The HEI of each country has to face global challenges: the mass nature of higher education, the heterogeneous composition and expectations of student groups (tailor-made higher education), the needs of higher education services and business. strengthened entrepreneurial spirit (reassessment of the former classical role of universities: utilization of knowledge in addition to education and research), the need for a training structure more adapted to the needs of the economy, the driving force to introduce innovative educational organization and teaching methodologies; Efforts making higher education more competitive have come into forefront everywhere.

This publication analyses the reasons for the decline in the number of students enrolled in the domestic higher education, as well as the expectations, values and different national and international higher education methods of different student groups in order to formulate recommendations for making the Hungarian Higher Education more attractive, taking into account the example of the Edutus University engineering education.

1. Bevezetés [1]; [2]; [3]; [4]

A Központi Statisztikai Hivatal (KSH) adatai alapján 2010-hez képest 7,6 százalékkal 34 százalékra emelkedett Magyarországon a felsőfokú végzettséggel rendelkezők száma. A diplomások aránya tekintetében azonban az Európai Unió 28 tagállamához képest még mindig 7 százalékos a lemaradásunk. A diplomások aránya 34 százalékra nőtt Magyarországon, ezzel teljesítettük az Európa 2020 stratégiai program keretében tett vállalásunkat. Ugyanakkor a felsőoktatásban tanulók száma 22 százalékkal esett vissza az évtized elejéhez képest, és erre csak részben magyarázat a demográfiai helyzet és a külföldön tanulók egyre nagyobb száma.

A visegrádi országok közül Lengyelországban és Szlovákiában magasabb, 46, illetve 38 százalékos a diplomások aránya, Csehországban Magyarországgal azonos arányban élnek felsőfokú végzettségűek. Uniós összehasonlításban a felsőfokú végzettséggel rendelkezők száma Litvániában, Svédországban, Finnországban és Írországban is meghaladja a 40 százalékot, Romániában és Olaszországban pedig 20 százalék alatti.

A hazai felsőoktatásba 2002-ben még 140 ezer fiatal jelentkezett, 2016-ra már csak 90 ezer. Két nagy csökkenést látunk a jelentkezésekben. Az egyik 2004 és 2008 között (2008-ban az érettségizettek számában is történt 10 ezres csökkenés, ami a négy évvel korábban bevezetett nyelvi nulladik éves képzés átmeneti hatása volt), a másik meredekebb csökkenést pedig 2010 és 2013 között tapasztalhatjuk.

A 2018/2019-es tanévben a felsőoktatási intézmények száma változatlanul 64. A felsőfokú alap- és mesterképzés nappali képzéseire 2018-ban 75,4 ezren jelentkeztek, 630 fővel többen, mint az előző évben. A változás eltérően jelentkezett a két szinten: míg alapképzésre 2,8%-kal többen (összesen 53,6 ezren) pályáztak, addig mesterképzésen 3,8%-kal kevesebben (összesen 21,8 ezren) akartak továbbtanulni. Az eltérő tendencia a felvettek létszámánál is mutatkozik: alapképzésen 3,5%-os a növekedés, mesterképzésen 2,8%-os a csökkenés. A 2017-es adatokhoz képest tovább nőtt az első helyen gazdaságtudományi képzésekre jelentkezők aránya

(17,7%-ról, 18,3%-ra), továbbra is kedveltek a műszaki területek (15,5%), ezt követte népszerűségben közel egyező arányban a bölcsészettudomány (10,2%) és az informatika (10,1%).

Jelen cikk a hazai felsőoktatás kihívásai közül a felsőoktatásba jelentkező hallgatói létszám csökkenésének okait, valamint a különböző hallgatói csoportoknak a felsőoktatással szembeni elvárásait, értékrendjét és a hazai és nemzetközi felsőoktatási módszereket elemzi, hogy javaslatokat fogalmazzon meg a magyar felsőoktatás vonzóbbá tételére oktatásmódszertani szempontból az Edutus Egyetem Műszaki Intézetének példáján keresztül:

2. Kutatási módszertan

A nemzetközi áttekintés a szekunder vagy „desk research” kutatási módszerekre támaszkodik (meglévő releváns hazai /KSH, Engame Academy/, és nemzetközi /EU, OECD/ dokumentumok, publikációk, statisztikai adatbázisok, on-line weboldalak átnézése, majd az így összegyűjtött adatok rendszerezése, szelektálása, elemzése). Emellett primer információk felhasználásával (munkacsoport megbeszélések alapján) készült a példaként bemutatott esettanulmány. A nemzetközi tapasztalatokra épülő, a konkrét példára vonatkozó elemzésből levont főbb következtetések, megfogalmazott javaslatok a szerző saját szakmai véleményét tükrözi.

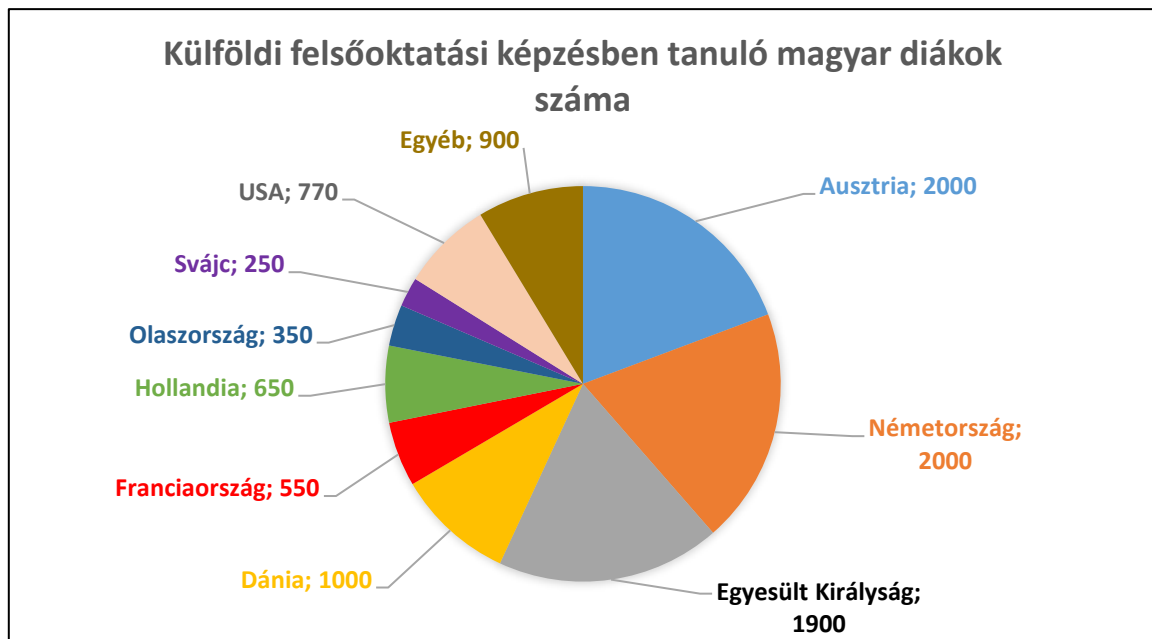
3. Hazai felsőoktatás helyzetének, a hallgatói létszám alakulásának statisztikai elemzése [3];[4];[6]

- **Demográfiai trendek:** Az elmúlt 15 év félszázazres csökkenését a jelentkezőkben csak részben indokolja a demográfiai csökkenés. A 18 évesek létszáma az adott időszakban 125 ezerről 100 ezerre csökkent, ami 20 százalékos csökkenés, miközben a felsőoktatásba jelentkezők száma 40 százalékkal csökkent.
- **Államilag finanszírozott helyek számának csökkenése**
- A bejutási arányok a felvételizők számához viszonyítva hasonlóak a korábbihoz (64-67%), az érettségizettek számát tekintve romlott. 2012-ben 90 ezer, 2016-ben már csak 60 ezer fiatal jutott be a magyar felsőoktatásba.
- **Az OECD 2018. évi adatai szerint a diplomások körében a foglalkoztatottság magasabb (85% az átlag 74%-hoz képest), sokkal magasabb összjövedelemre tesznek szert életük folyamán (átlagosan 56%-kal többre), és egészségi állapotuk, valamint várható élettartamuk is lényegesen jobb, mint amit a felsőoktatásból kimaradók**

esetében regisztráltak . Ennek ellenére az oktatási és munkaerőpiaci szakértők arra számítanak, hogy idővel egyértelmű átrendeződés lesz kimutatható. Az informatika szakterületén a közép- és felsőfokú végzettség közötti éles fokozat eltűnik: diploma nélkül is sokkal jobb kilátásokra számíthatnak az infokommunikációs szektor dolgozói, mint adott esetben más szakirányok diplomásai. Az informatikus egyetemi képzések tradicionálisan tudósok, kutatók képzésére jöttek létre. Ugyanakkor jelenleg elsősorban nem ilyen munkatársakra, hanem digitális szakemberekre van szükség nagy tömegben. A felsőoktatási intézményrendszerek elemzésével is foglalkozó, Európa vezető gazdaságpolitikai tanácsadó cége, a **London Economics** szerint a hagyományos oktatási rendszerből adódó egzisztenciális lépcsőzetességet a közbelső és pótlólagos tanfolyamok képesek kisimítani. Aki csak középfokú képesítést szerzett, de rendelkezett számítógépes ismeretekkel, az egyértelműen jobb kilátásokra számíthatott, mint aki felsőfokú képesítéssel, de informatikai ismeretek nélkül kívánt a munkaerőpiacon érvényesülni. Ezért egyre több diák gondolja úgy, hogy nem kell feltétlenül diploma az életben való „boldoguláshoz”.

- A nemzetközi trendek alapján a jövőben nem egy egyetemi végzettség határozza majd meg az élethosszig tartó, egyfókuszú karriert, hanem **egyásra épülő, vagy kiegészítő (felnőtt) képzések sorozata**. Ezekkel sokkal gyorsabban és rugalmasabban fedhetők le a várhatóan folyamatosan átalakuló piaci igények. Ezáltal a munkavállalók jobb fizetéshez, jobb élethez jutnak.
- A „van élet a diplomán kívül” trendet alátámasztja az is, hogy az egyetemre való felvételzés sokkal inkább kötelezettségnek, kényszernek tűnik az érintettek számára, mint választásnak. Ezt az érzést a szülői elvárások is erősítették bennük, valamint úgy vélik, ezért a gondolkodásmódért a középiskolájukban a tanárok felől érkező nyomás okolható.
- A felsőoktatási nemzetközi rangsorokon ugyanakkor a magyar egyetemek ebben az időszakban lejjebb csúsztak, tehát a mennyiségi csökkenést nem minőségi javulás, hanem minőségi romlás kísérte. Ezek miatt egyre több hallgató választja a külföldön való tanulást.
- A magyarországi felsőoktatásban jelenleg összesen mintegy 287 ezer diák tanul (ez a szám korábban 400 ezer volt, a csökkenés 2006-2017 között következett be), ehhez képest a külföldre járó magyarok aránya nem túl nagy, viszont folyamatosan növekszik. Az Engame Akadémia 2010 óta diákközpontúan támogatja a középiskolásokat és egyetemistákat abban,

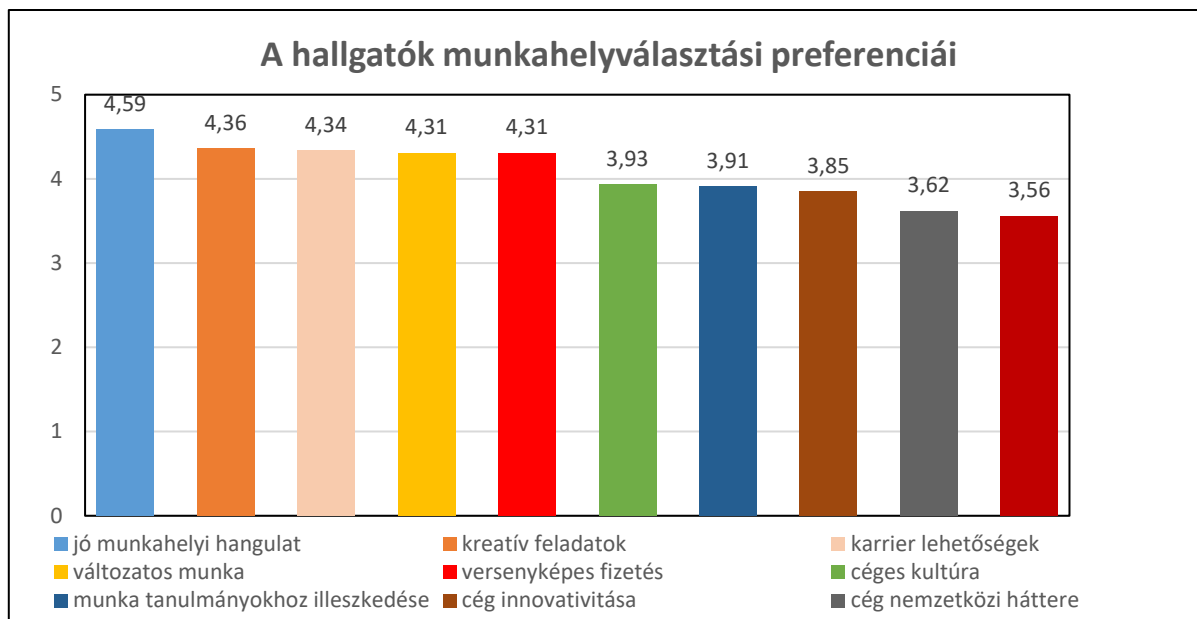
hogy mentoraik segítségével megtalálják számukra a leginspirálóbb külföldi egyetemi képzéseket. 2016. évi felmérésük szerint több mint 10 ezer magyar diák tanult külföldi felsőoktatási intézményben, elsősorban nyugat-európai egyetemeken. A legnépszerűbb célország továbbra is Ausztria, Németország és az Egyesült Királyság. Az Engame szerint folyamatosan növekszik a külföldi felsőoktatási intézményekben teljes egyetemi képzésben részt vevő magyar diákok száma.



1. ábra: Külföldi felsőoktatási képzésben tanuló magyar diákok száma országonkénti bontásban (2016). [5] alapján saját szerkesztés

A KSH adatai szerint dinamikusan nő a Magyarországra érkező külföldi hallgatók száma is. A nappali felsőfokú alap- és mesterképzésre járó hallgatók között a külföldiek száma 15 ezerről 31 ezerre nőtt, arányuk pedig 6,9 százalékról 16,9 százalékra emelkedett nyolc év alatt. Tavalyi adatok szerint a legtöbben, 3350-en Németországból érkeztek, de több mint ezren jöttek Kínából, Iránból, Szerbiából, Romániából, Szlovákiából és Törökországból is.

A magyar diákok külföldön való tanulásának fő mozgatórugója, hogy külföldi diplomával jobbnak vélik az elhelyezkedési esélyeiket, nem tartják megfelelőnek a hazai felsőoktatás színvonalát, illetve a felsőoktatásban alkalmazott módszereket. A fiatalok nagyobbra értékelik a rugalmasságot, a kreativitást, a fejlődési lehetőségeket az egyetem, illetve leendő munkaadójuk (cégek) hírnevével és stabilitásával.



2. ábra: A diákok munkahelyválasztási preferenciái [6] alapján saját szerkesztés 1=egyáltalán nem fontos 3=semleges 5= nagyon fontos

A diákok az itthon legkevésbé értékelt diplomák közt tartják számon a társadalomtudományi, bölcsészeti, művészdiplomákat, míg a legnépszerűbbek a műszaki és IT-szakmák. Ez tükrözi a hazai gazdasági realitást a hatalmas mérnökhánnal, ugyanakkor az Engame szerint a magyarországi HR-esek kevésbé rugalmasak, mint amennyire lehetnének, és ez is benne van a humánszakosok rosszabb munkaerőpiaci helyzetében.

4. Oktatás módszertani kihívások, probléma felvetések, törekvések, eredmények, javaslatok a hazai felsőoktatásban

4.1. Hallgatói személyiségtípusból adódó kihívások [6]

Veroszta (2010) munkája alapján a hallgatókat a felsőoktatással kapcsolatos elvárásaik, igényeik és értékrendjük alapján a következő csoportokba lehet osztani, amelyeknek sajátosságait célszerű figyelembe venni az oktatási és szolgáltatási portfólió összeállításakor és aktualizálásakor:

Gyakorlatiasak: „Ezt a hallgatói értékcsoportot a képzéssel kapcsolatos konkrét értékek felülértékelése jellemzi. A képzési rugalmasságnak, tanár-diák kapcsolatnak, nemzetközi mobilitásnak és a jól hasznosítható végzettségnek tulajdonítanak nagy jelentőséget. A felsőoktatás elvontabb régiói, a kutatási tevékenység és a társadalmi felelősség kevésbé érdekli őket.”

Haszonelvűek: „A gyakorlatias hallgatókhoz hasonlóan, ám sokkal élesebben jellemzi e csoportot, hogy tagjai az átlagnál kevésbé tulajdonítanak tudományos és társadalmi értékeket a felsőoktatásnak. E hallgatói csoport a felsőoktatást célirányosan csak a munkaerőpiacon jól

felhasználható végzettség eszközének látja, ezen érték dominanciája mellett még a képzéshez kapcsolódó többi praktikus szempontot is alul értékeli. A csoport igen erős jellegzetessége a társadalmi értékek erőteljes elutasítása, egyfajta »antiszociális« felsőoktatási hozzáállás.”

Konzervatív-elitisták: „E hallgatói csoport számára a kiválósággal kapcsolatos értékek a legfontosabbak. Ez vonatkozik főként a tudományos kutatásra, de a várható munkaerő-piaci sikeresség biztosítására is. Az elitizmus mellett e csoport a konzervatív címkét a kutatás és a politikai függetlenség fontosságával, valamint a társadalmi felelősség alul értékelésével érdemelte ki, amelyek inkább hagyományos (nem tömegesedett) elit-jellemzők.”

Értéktelített elvontak: „Az ebbe a hallgatói csoportba sorolt hallgatók számára a felkínált felsőoktatási értékek mindegyike az átlagnál fontosabbnak mutatkozott. Amellett azonban, hogy az egyes értékszempontokat tendenciózusan felülértékelték, ennek mértéke kevésbé jellemzi a végzettség munkaerő-piaci felhasználásának gyakorlatias értékét, és jóval erősebb a társadalmi vonatkozású – elvontabb – kategóriákban. E számosságában legnagyobb hallgatói csoport számára igen fontos az értékek átadásának felsőoktatási feladata.”

Piacelv-elutasítók: „A felkínált felsőoktatási tényezők fontosságának általános alul értékelése mellett ebben a csoportban kiugróan alacsony a praktikus szempontok értékelése. Különösen igaz ez a munkaerő-piaci megfelelés, mint felsőoktatási érték fontosságának esetében. E csoportot tehát alacsony értéket tulajdonít ennek a piaci vonatkozású felsőoktatási »feladatnak«. A társadalmi iránti elutasításuk valamivel gyengébb, mint a két másik összetett értékdimenzió esetében.”

Szociálisan érzékenyek: „E hallgatói csoport számára a felsőoktatáshoz kevésbé kapcsolódnak a tudományos kutatás és a nemzetközi mobilitás hagyományosan elitista jelleget mutató értékei. Sokkal inkább a felsőoktatás szociális szerepének tulajdonítanak fontosságot, erősen felülértékelve a társadalmi felelősségvállalást és esélyegyenlőséget.”

Alul értékelők: „Az egyes értékváltozókra adott átlagértékek alapján kialakuló utolsó, számosságában legkisebb csoport a felsőoktatás értékei kapcsán „deprimált”. E klaszter tagjai minden egyes értékváltozó esetében alacsony értékátlagokat mutattak. Különösen alacsony értékek születtek a képzéshez kapcsolható, gyakorlatias vonatkozásokban (munkaerőpiac, rugalmasság, tanár-diák kapcsolat).”

4.2. Módszertani megközelítésből adódó kihívások [7]; [8]

Alapvető probléma, hogy Magyarországon inkább a lexikális tudás áll az oktatási rendszer középpontjában, be kell magolni bizonyos dolgokat, de azt már nem várják el a tanulóktól, hogy lássák is az összefüggéseket ezek között, tudjanak vitázni vagy éppen csapatban dolgozni. Erre meg kellene tanítani őket. Kritikai gondolkodást, esszéírást, prezentációs készségeket kell fejleszteni, a diákok saját projekteket kell készíteniük. **Célszerű, ha mindez angol nyelven történik, hogy a diákok magabiztos nyelvtudással rendelkezzenek, mind szóban, mind írásban.**

Az előzőek alapján klasszikus „katedrapedagógiai” módszerek iránti igény egyre inkább háttérbe szorulnak, az alternatív módszerek széles körű alkalmazása viszont szemléletváltást és felkészülést igényel (sok esetben szakmai – például online tudásmegosztás, módszertani – például szituációs módszerek - továbbképzéssel egybekötve) az egyetemi oktatóktól, valamint a szükséges infrastrukturális feltételek megteremtését. A módszerek kiválasztásához kötődően különbséget tehetünk a direkt tanulás szervezés, az indirekt tanulás szervezés, az interaktív tanulás szervezés, a tapasztalati tanulás és az önálló tanulás között.

Közvetlen oktatás	előadás, magyarázat, szemléltetés, kérdezve kifejtés, gyakorlás
Közvetett oktatás	közös megbeszélés, problémák megfogalmazása és a megoldások keresése
Interaktív oktatás	ötletroham, viták, szerepjátékok, interjúk, együttműködési technikák alkalmazása
Tapasztalati tanulás	kísérletek, szimuláció, terepgyakorlatok, mérések, megfigyelések
Önálló tanulás	egyéni projekt feladatok, esszék, mestermunka, számítógéppel támogatott tanulás

1. táblázat: Tanulásszervezési és oktatási módszerek [11] alapján saját szerkesztés

4.2.1. Előadó központú oktatási módszerek

Egy téma monologikus kifejtésére szolgáló, szóbeli közlésen alapuló előadások, amelyeket különböző, egyéb módszerekkel egészítenek ki. Az előadás struktúrája jobban érthetővé válik a hallgatók számára, ha

- egyértelműen kijelöljük az előttünk álló feladatokat,
- a szabály – példa – szabály sorrendet alkalmazzuk,
- megfelelő magyarázó kötőszavakat alkalmazunk,
- verbális és nem verbális eszközökkel is kiemeljük a fontos részeket,
- közöljük, ha új mozzanatra térünk át.

Az előadás megfelelő technika alkalmazásával megvalósulhat nem jelenléti oktatás (nem azonos térben és időben zajló) formájában is. Ebben az esetben is érdemes az interaktív kommunikáció lehetőségét kialakítani, egy kommunikációs kapcsolatot létrehozni a hallgatóság és az előadó között.

Az előadást ritkán alkalmazzák tisztán, általában más módszerekkel, eljárásokkal kombinálják. Ezek a magyarázat, tanbeszélgetés, szemléltetés, hallgatók által készített kiselőadások.

Bármelyik módszerrel is kombináljuk az előadásokat, olyan példákat célszerű kiválasztani, amelyek a hallgatóság számára is ismertek lehetnek, ugyanis az ismeretlen példák újabb magyarázatra szorulnak. Az egyszerűbb példáktól haladjunk a bonyolultabbak felé, továbbá érdemes olyan példákat választani, amelyek a hallgatóság érdeklődési körének is megfelelnek, ezzel ugyanis növelhetjük a magyarázat élményszerűségét. Mutassunk be ellenpéldákat. A bemutatásra kerülő szemléltető eszközökről fontos, hogy információkat és megfigyelési szempontokat is adjunk, ezzel is elősegíthetjük a megfigyelést. A demonstrációnak minden hallgató számára jól követhetőnek, jól láthatónak stb. kell lennie. A kérdések az egész hallgatóságnak szóljanak, továbbá hagyjunk elegendő időt a gondolkodásra. A légkör kötetlen és oldott legyen, hogy bátran lehessen kérdést feltenni. Mindig adjunk visszajelzést, a válaszok elhangzásakor fontos, hogy tapintatosak, bátorítók legyünk, azaz emeljük ki a pozitív elemeket. A nem megfelelő válaszok esetén rávezető kérdésekkel segíthetünk a hallgatónak, azonban a negatív visszajelzés minden formája kerülendő.

4.2.2. Résztvevő központú oktatási módszerek

A résztvevő-központú módszerek (mint például az ötletroham, tréning, a projektmunka vagy a vita) különösen építenek a felnőttkori tanulás sajátosságaira (előzetes tudás, élettapasztalat, stb.).

A résztvevő-központú módszerek elsősorban csoportmunka, páros munka, illetve szituációs gyakorlatok (eset és víziós és szerepjátékok, szimuláció)) keretében valósulnak meg.

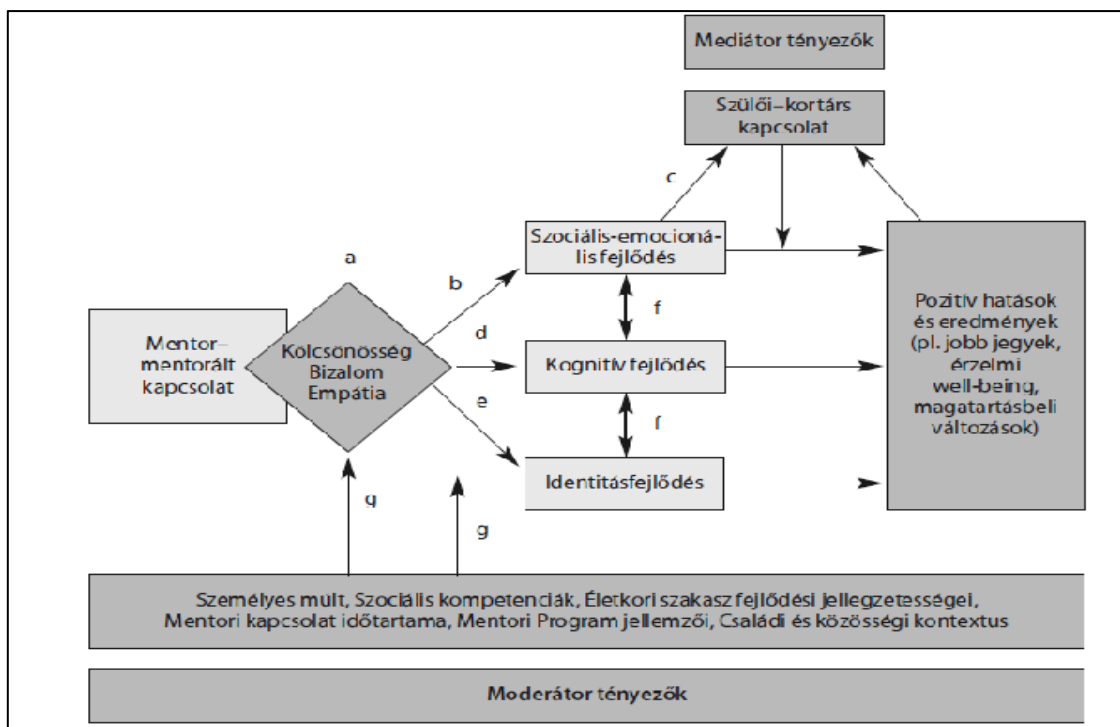
A csoportmunka közkedvelt munkaforma, számos felnőttképzési módszer eleme. Az élet egyre több területén válik szükségessé az együttműködő csapatmunka, a megszerzett tudást gyakran másokkal együttműködve kell alkalmaznunk a munkánk során. A résztvevőknek személyes élménye keletkezik a foglalkozás során. A szituációs gyakorlatok során olyan „minta helyzeteket” teremtenek, amelyeket a résztvevők a jövőben valamikor átélhetnek. Ennek célja,

hogy a résztvevők kipróbálják, hogy az adott helyzetekben hogyan viselkednek, hogyan oldanák meg a problémát és a szükséges szakmai/magatartás korrekciókat végre tudják hajtani az utólagos értékelésnél.

4.3. Hazai felsőoktatási kezdeményezések, javaslatok [9]; [10]

a) Mentor-mentorált rendszer megvalósítása és kiszélesítése a felsőoktatásban.

A felsőoktatás tömegjellegűvé válása, és a hallgatókért folytatott versenyben érdemes erre a területre is fókuszálni a tehetséges hallgatók körében. Ezzel vonzóbbá és az igényeknek megfelelően jobban testre szabottá lehetne tenni a felsőoktatási intézmények szolgáltatási és oktatási portfóliójának kínálatát. Másfelől rásegítve a Magyar Géniusz és a Tehetségprogramok eredményeire, illetve a Magyar Tehetségsegítő Szervezetek Szövetsége kezdeményezéseire, hozzájárulhatnak a felsőoktatás színvonalának és minőségének javításához, alternatívát kínálva a külföldön történő továbbtanulással szemben.



2. ábra: A diák mentorálás Rhodes modellje [9]

A fenti modell szerint amennyiben a diák és a mentor (idősebb, releváns szakmai és életpaszttalokkal rendelkező, hiteles személy) között nem jön létre a bizalmi kapcsolatnak egy szükséges minimuma, a kapcsolat még az előtt széteshet/felbomolhat, hogy abból pozitív eredménnyel szállna ki a mentorált. Akkor tartalmaz a mentorálás, ha a mentorált megosztja érzéseit és önmagával kapcsolatos észlelését a mentorral, és aktívan részt vesz a mentorálás kapcsolatának alakításában. Ez a mentor részéről széleskörű, komplex felkészülést, rendszeres

továbbképzést igényel. A felsőoktatásban a mentorálás történhet oktató-diák, valamint idősebb diák-fiatalabb diák viszonylatban is és célszerű, ha több éves időtartamot ölel fel.

b) Komplex személyiség és képességfejlesztő oktatás megvalósítása a felsőoktatásban

Renzulli elmélete alapján négy összetevőjét emelhetjük ki a tehetségnek:

- átlag feletti általános képességek (erős figyelmi koncentráció, a magas szintű elvont gondolkodás, a fejlett anyanyelvi képességek, a jó memória, a hatékony információfeldolgozási stratégiák),
- átlagot meghaladó speciális képességek (a Gardner-féle csoportosítás szerint: logikai–matematikai, nyelvészeti, testi–kinesztetikus, térbeli, zenei, interperszonális, intraperszonális),
- kreativitás (probléma érzékenység, gondolkodás eredetisége, rugalmassága, folyékonyága, az ötletek megvalósításának képessége),
- feladat iránti elkötelezettség (érdeklődés, versenyszellem, kitartás, érzelmi stabilitás).

Az egyéni fejlesztési terv kiindulási pontjai – folyamatos, komplex információgyűjtés alapján:

- a tevékenységekben mutatott motiváltság és teljesítmény
- erős oldalak, gyenge pontok
- társas kapcsolatok
- képességvizsgálatok (általános és speciális)
- egyéb pszichológiai vizsgálatok
- a fiatalok önjellemzése, önértékelése
- társak értékelése egymásról

Az egyéni fejlesztési terv megvalósításának alapvető feltételei:

- a bekövetkezett változások (pozitív és negatív egyaránt!) rögzítése
- a bekövetkezett változások rendszeres és közös (fejlesztő szakemberek) értékelése

c) Minden területen használható és elvárt ún. kulcskompetenciák fejlesztése a szakmai kompetenciák mellett (vállalkozói/vezetői; előadás/tárgyalás, /befolyásolás technikák, idegen nyelven való kommunikáció; digitális kompetenciák, projektmenedzsment ismeretek és technikák, hatékony olvasási/tanulási és időgazdálkodási technikák).

- d) **Részvétel központú módszerek előtérbe helyezése a felsőoktatásban a korábbi előadó központú módszerek mellett.** (Projekt alapú munka, szituációs gyakorlatok minden fajtája, gyakorlati példák bemutatása és megvitatása).
- e) **Interaktivitás, önálló, problémamegoldási módszerek** (ezzel összhangban a kreativitás fejlesztése), azaz nemcsak a bemutatott problémákat oldják meg a hallgatóknak, hanem ösztönözni kell őket arra, hogy ismerjenek fel/fogalmazzanak meg új problémákat és ezekre saját maguk adjanak megoldási javaslatokat), multidiszciplináris, rendszerszemléletű (analitikus és szintetizáló) gondolkodás-módra nevelés.
- f) **Új típusú hallgatói értékelési módszerek bevezetése.** A felsőoktatás jelenleg hagyományos oktatásszervezési keretek között (házi dolgozat, szakdolgozat, kiselőadás) értékeli a hallgatókat, amelyek döntően monografikus jellegűek és szinte kivétel nélkül szövegalapúak. Az évek óta változatlan témakörök és értékelési feladatok arra ösztönzik a hallgatókat, hogy az internet közös forrásait hívják segítségül a feladatok megoldásához.
- g) **A napi oktatói munkában az elektronikus IKT lehetőségek maximális kihasználása** (e-learning, webinárium rendszer, felhő alapú szolgáltatások, videomegosztó rendszerek, mobiltelefonos applikációk). Megfelelő alkalmazás esetén számtalan lehetőséget, élményt, eredményt nyújt oktatóknak és hallgatóknak egyaránt, segítője az önálló ütemű tanításnak, tanulási folyamatoknak, nem helyettesítve a személyes kapcsolatokat.
- h) **Az online tudásmegosztás bevezetése és általánossá tétele a hazai felsőoktatásban,** ahol jelenleg elhanyagolható mértékű a tudásmegosztás ezen korszerű formája. A legtöbb helyen léteznek ugyan eLearning rendszerek, de ezekben az oktatási tartalmak nem digitális tananyagok, nem különböző formátumból felépülő oktatási tartalmak, hanem a kontakt tanórai tevékenység produktumai. **Az eLearning rendszerekben nagyrészt a hagyományos tanórai tartalmak zárt, a kurzus kereteihez igazodó tudásmegosztása zajlik. Hiába jelenik meg benne egyre inkább egy korszerű technika, ez jelentős mértékben különbözik az interneten tapasztalható tudásmegosztás gyakorlatától.**¹⁷ Bár az online tudásmegosztás a külföldi egyetemeken már jól működő gyakorlat, ennek hazai adaptációjával szembeni pro és kontra érvek:
- A hallgatók által online elérhető oktatási tartalmak rontják a kontaktórákon való részvétel arányát, hiszen ha az előadás interneten is megtalálható, akkor a hallgató nem

¹⁷ A hallgatókra jellemző, hogy a szellemi tulajdon fogalmát szabadon kezelik, hiszen az interneten legális vagy nem legális eszközökkel minden korábbinál gyorsabban juthatnak el a számukra szükséges információhoz vagy tartalomhoz. A digitális nemzedék tagjai a megszerzett információról, tartalomról formátum független módon képesek gondolkodni, vagyis nem csak a szöveges, hanem a hang, kép, mozgókép jellegű információt is szívesen kezelik, hasznosítják, majd az így keletkezett produktumot az internet segítségével megosztják másokkal is.

megy el az órára és kihagyja az egyéni fejlesztéshez nélkülözhetetlen kontakt-tevékenység lehetőségét. A tapasztalatok szerint a kevés kivételtől eltekintve az online előadásokat általában azok hallgatják, akik egyébként is részt vesznek az órán. Az online elérhető tananyag meghallgatásának a célja nem az előadások pótlása, helyettesítése, hanem az ismétlés, vagy az információfeldolgozás segítése.

- Az intézmény nem érdekelt a tudás ingyenes elérhetővé tételében, hiszen ez hosszú távon akadályozhatja a tudásért érkező hallgatók számának növekedését. Tapasztalatok szerint az online információ megosztásának hatása ezzel ellentétes, hiszen ha a minőségi tartalmak egyrészt motiváló hatásúak is lehetnek, másrészt reklámot jelenthetnek az intézményeknek a hallgatókért folyó intézményi versenyben.
 - Az online tudásmegosztás a távoktatásra, a személyes tanár-diák kapcsolatot nélkülöző oktatási folyamatra épített pedagógia káros hatásait erősítené fel és ez hosszabb távon az oktatás minőségének romlását hozná magával. Ez a szemléletmód nem tartható, mert a “katedra pedagógiára” építő oktatóknak egy előadóteremben egyre nehezebb lekötönni a figyelmét annak a digitális nemzedéknek, amely a hétköznapi számítógép és internethasználatban is egyszerre több információforrást képes párhuzamosan kezelni.
- i) Az egyetemi oktatóknak amellet, hogy célszerű lenne rövidebb hosszabb időt eltölteni a cégeknél, célszerű lenne a megye szakgimnáziumaiban, szakiskoláiban is szakmai tárgyak tanítását elvállani, mivel a közoktatásban szerzett pedagógiai, oktatásmódszertani, didaktikai ismereteket, tapasztalatokat hasznosítani tudja az egyetemi oktatói munkájában is. Ez hozzájárulhatna azon pedagógiai kultúra kiépítéséhez is, amely segíthet az online tudásmegosztás általánossá tételében.
- j) Az egyetemi oktatók oktatásmódszertani továbbképzése (korszerű pszichológiai, didaktikai, pedagógiai módszertani ismeretek átadása „tudásfelfrissítés” és látókör bővítés címén).
- k) A formális iskola rendszerű képzéseken túlmenően nem akkreditált (azaz nem OKJ-s), ÁFA-s tanfolyamok szervezése a cégek igényeinek megfelelően - tudásátadás vagy tudásfelfrissítés – mérnököknek, technikusoknak. Ezek bevételi forrást is jelenthetnek.

5. Korszerű külföldi oktatás módszertani megoldások

5.1. Online, alternatív karriertervező website -Not Going to Uni (NGTU) kezdeményezés [12]

Az Egyesült Királyságban egyre több intézményben kínálnak a hazai OKJ-s képzésekhez hasonló programokat, ezeket ott kifejezetten az egyetemi tanulmányok helyett ajánlják, illetve több országban számos cég alkalmazza azt a módszert, hogy a saját gyakornokaiból neveli ki a későbbi dolgozóit.

A „Not Going To Uni” kezdeményezés 2008-ban indult, és nemcsak a hallgatók, hanem a szülők, a tanárok és a karrier-tanácsadók érdeklődését is felkeltette. Az Egyesült Királyság vezető webhelyének célja, hogy az iskolák- és a hallgatók megalapozott jövőbeli döntéseket hozzanak azáltal, hogy megmutatják nekik a hagyományos egyetemi útvonalon kívüli lehetőségeket. Ide tartozhatnak a tanulószerveződéses gyakorlati képzés, a szakképzés, a szakmai évek, a szakmai gyakorlatok és a munkahelyek. Ennek ellenére a kezdeményezés nem egyetem ellenes! A világ néhány legnagyobb cégével, mint például a Mercedes, a Google, a Facebook és még sok más, valamint a helyi cégekkel szorosán együttműködnek. Hisznek abban, hogy a fiatalok számára a lehető legjobb, mindenki számára „testre szabott” lehetőségeket mutatják be, annak érdekében, hogy karriert tudjanak a diákok építeni az őket érdeklő területeken.

The image shows a screenshot of the NGTU (Not Going to Uni) website. The top navigation bar includes the NGTU logo, the Royal Air Force logo, and a search bar with options for Search, About, Providers, Community, and RAF. There are also buttons for Register and Login. The main content area features a search bar with the text "Search 4328 new opportunities". Below this are three filters: "What are you looking for?" (Categories), "What sectors are you interested in?" (Choose sectors), and "Where are you looking?" (Add location). A yellow search button is on the right. Below the search bar is a banner for "FIND A CAREER IN HORSE RACING" with a "CLICK HERE" button. To the right of the banner is a sidebar with links for Providers, Parents, and Sectors. The "Case Studies" section below features four circular images and text boxes. The first case study is for Rob - Humans of Camp America, with a "View" button. The second is "Nothing Starts Without a Cyberspace Communication..." with a "View" button. The third is "Nothing Starts Without a Cyberspace Communications..." with a "View" button. The fourth is "RAF Cyberspace Communications Specialist - Steven" with a "View" button. There are three dots and an up arrow at the bottom of the case studies section.

4. ábra: Az NGTU hivatalos weboldala és néhány felkínált lehetőség [12]

5.2. Digitális online tudásmegosztás - Stanford University iTunesPodcast System [13]

A „podcast” szó 2004-ben született szóösszevonással, méghozzá az iPod (az Apple akkoriban a piacot uraló zenelejátszója) és a „broadcast” (műsor, műsorszórás) szavak összevonásából. A podcast olyan, mint egy rendszeresen jelentkező rádióműsor, amelynek újabb és újabb adásait („epizódjait”), bármikor meg lehet hallgatni, de nem az „éteren” keresztül, hanem online, az interneten és nem kell fizetni érte semmit. Ha nincs épp ideje valakinek egy teljes adásra („epizódra”) bármikor félbehagyható, és akár folytatható annak hallgatása a következő héten is. (A podcast alkalmazás megjegyzi, hol tartott az illető a műsorban, úgyhogy egyből ott lehet

folymatni a mősor hallgatását, ahol abbaahygyta.). Többrfële podcast alkalmazás van, amelyek laptopról, vagy mobil telefonról működtethetők és rajtuk keresztül fel lehet iratkozni a kívánt műsorokra.

„Az Apple és a Stanford University közösen létrehozott Stanford iTunesPodcast rendszer előadások, zenei előadások, olvasmányok és sportkommentárok szabadon elérhető audio fájljait nyújtja. A Stanford biztosítja a tartalmat, az Apple pedig az iTunes platformot az anyagok terjesztésére. A felhasználók az iTunesban jelzik, hogy előfizetni kívánnak bizonyos podcastokra, és az anyag automatikusan letöltésre kerül az asztalukra és a mobil eszközökre (például iPod). Ezután úgy hallgathatják az anyagokat ahogyan nekik kényelmes. Az ambíciós projekt jelentős médiafigyelmet kapott, és a jelentések szerint hetente több mint 10 ezer egyedi látogató érkezett annak debütálása után. A válogatott előadások, előadások, olvasmányok, koncertek és sportesemények online elérhetővé tételével Stanford reméli, hogy nemcsak a campus életét tudja nyilvánosságra hozni, hanem kapcsolatba léphet a Stanford-öregdiákokkal az egész világon. Az egyetem fájljait jelenleg az iTunes többi tartalmától külön-külön katalogizálják, és csak a Stanford weboldalán keresztül történő összekapcsolással érhetőek el. A jelenlegi hallgatók az előadások és a tananyagok audio- és videofájljait is letölthetik a webhely korlátozott részén, amelyet integráltak a Stanford tanuláskezelő rendszerével.”

„A podcasting viszonylag új eszköz, és az akadémiai környezetben való alkalmazásának előnyei vagy hátrányai nagyrészt még nem ismertek. Támogatói szerint ez lehetővé teszi az oktatók számára, hogy a média szélesebb skáláját használják a kurzus tartalmának gazdagításához. Például a podcastokon keresztül terjesztett anyag tartalmaz dalokat, idegen nyelvű anyagokat, történelmi beszédeket, interjúkat és videókat. A podcastokhoz más típusú fájlok is csatolhatók, beleértve a diavetítéseket és a webhivatkozásokat. Várhatóan tanulmányi eszközként fog működni, lehetővé téve a hallgatók számára, hogy bármikor és bármikor felülvizsgálják a kurzus tartalmát. A hallgatók számára a saját podcast-ok készítésének lehetőségét be lehet építeni a tantervbe, lehetővé téve az értékes médiaszerzési készségek fejlesztését és a gazdagabb kurzus-interakciót. Egy további alkalmazás reklám- vagy toborzási eszközként szolgál, amelynek célja nem csupán az öregdiákok bevonása, hanem az új hallgatók vonzása azáltal, hogy ízlésük szerint megismerik a campus életét.”



5. ábra: Stanfordi Egyetem iTunesUpodcasting csatornájának nyitólapja, az online ingyenesen elérhető előadások és más szakmai anyagok kategóriájával [13]

Néhány példa a teljesség igénye nélkül a különböző kategóriájú online anyagokra:

- Podcastok: A Stanford Innovációs Laboratórium és a vállalkozói gondolkodás vezetői sorozat (Stanford Technology Ventures Program), Egészségügyi kérdések: Stanford Medicine Community Day, MediaX: Interaktív média és játékok
- A Stanford Rádió sorozat: A jövő lehetőségei: Interjúk a Stanford Egyetem végzett biomérnökével, Russ Altmannal; valamint a Stanfordi Egyetem dékánjával, Dan Schwartz egyetemi tanárral.
- Tanfolyamok: Gépi tanulás, Mesterséges intelligencia, etikus hackelés, stb.
- Előadások: Hogyan lehet pszichológusként gondolkodni; kvantummechanika alapjai; világkultúrák földrajza; az angol szavak felépítése; a mozgás anatómiája stb.

5.3. Online innovatív tananyagfejlesztés -az Utrecht University (the Netherlands) gyakorlata [14]; [15]

A tanterv összehangolása négy különféle kategóriát különböztethet meg.

- I. Az első kategóriában a tanterv egyetlen egység tartalmára és szerkezetére utal.
- II. A második kategória a program szintjén a tartalomra és a struktúrára összpontosít. Mindkét kategória a tanterv termék-alapú megértését vonja maga után.
- III. A harmadik kategóriában a tantervet a hallgató tanulási tapasztalatai szempontjából értjük. Jelentős tanulási tapasztalatok létrehozása: Integrált megközelítés a főiskolai kurzusok megtervezéséhez.

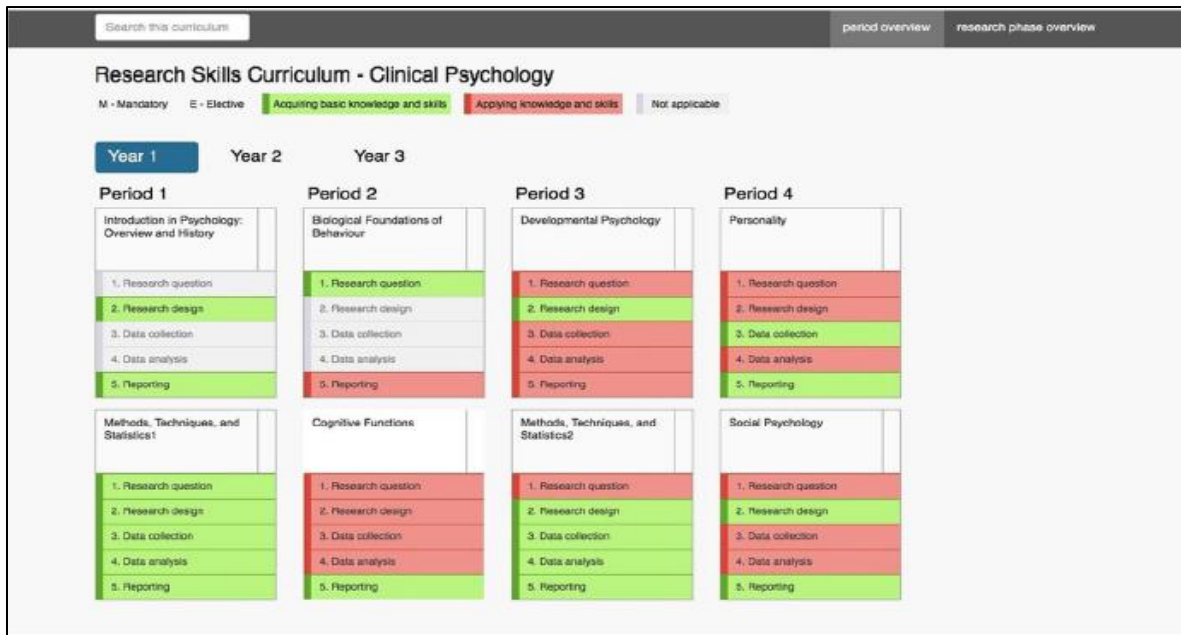
- IV. A negyedik kategória a tantervet a tudásnak a hallgató és a tanár közötti sikeres és hatékony átadásához közelíti. Ez utóbbi két kategóriát folyamat-alapú megközelítés jellemzi.

Az oktatás, a tanulás és az értékelés közötti konstruktív koherencia meghatározza az oktatás minőségét és hatékonyságát. Ahhoz, hogy a tanulási célok valódi tanulási eredményekké váljanak, és így optimalizálják a hallgatói eredményeket, fontos, hogy minden tevékenység hozzájáruljon a tanulási célok megvalósításához. Ezt „konstruktív igazításnak” nevezik. Míg egy tanfolyam vagy modul összefüggésében az összehangolás meglehetősen egyszerűen megvalósítható, a program szintű összehangolás megteremtése már nehezebb. A felsőoktatási tantervekhez való igazodás gyakran kihívás az oktatók közötti kommunikáció hiánya, valamint a programok, modulok és az alkalmazottak folyamatos változása miatt. Azok az oktatók, akik részt vesznek a saját területüket érintő továbbképzéseken, gyakran nem ismerik teljesen a tanulási pályát magában foglaló program többi részét.

Az Utrecht University Egyetemi tanterv-feltérképező eszközét úgy fejlesztették ki, hogy segítse az oktatókat a tanterv jobb megértésében, és saját tanfolyamaiknak vagy moduljaiknak alaposabb pozicionálásában a többi tanfolyamhoz és modulhoz viszonyítva, egy adott tanulási pálya összefüggésében. Ezenkívül az eszköz célja, hogy segítse a tanterv-fejlesztőket a programjaikban mutatkozó következetlenségek és eltérések felderítésében.

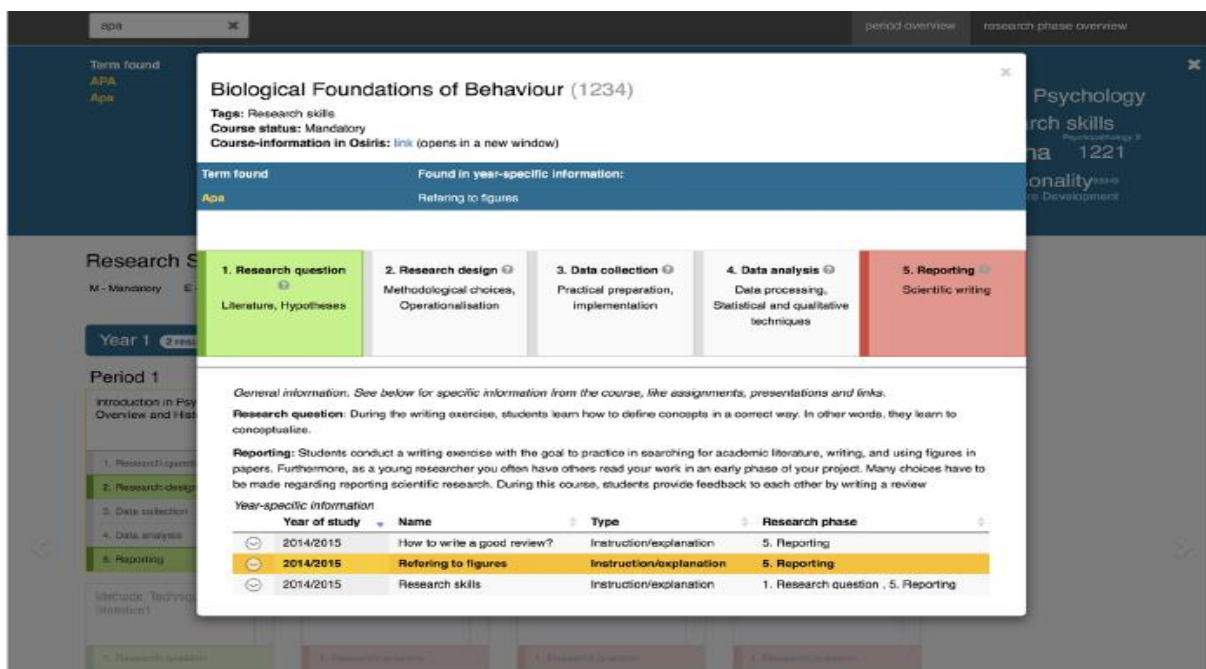
Két probléma játszott szerepet az egyetemi programok esetében: a koherencia és a tanterv összehangolásának hiánya a kutatási készségek szempontjából, valamint a tanulási pálya láthatóságának és koherenciájának hiánya. A tantervek térképei mindkét problémát megoldhatják, mivel dokumentálják és vizuálisan megjelenítik a tanterv különféle alkotóelemei közötti kapcsolatot. Más esetekben térképező eszközöket használtak a tanterv összehangolásának ösztönzésére, a hibák és hiányosságok feltüntetésével. A feltérképezésben részt vevő tanterv-fejlesztők beszámolnak a kollegiális együttműködés és megbeszélés fokozásának fontosságáról.

Az Utrechti Egyetem online eszközét úgy fejlesztették ki, hogy segítse mind a tudományos fejlesztőket, mind az oktatókat a tanterv (újra)fejlesztésében, (újra)felépítésében és (újra) összehangolásában, és végső soron segítséget nyújt a hallgatóknak a tanulási pályájuk megismerésében, aktiválva előzetes tudásukat. Az eszközt több program is elfogadta, mivel az értékelési bizottságok számára megmutatta a tantervekben a tanulási pályákat. Cél, hogy olyan online tantervek készüljenek, amelyek könnyen elérhetők online, vizuálisan vonzóak, felhasználó-barátok és képesek kielégíteni a különböző érdekelt felek eltérő igényeit.



6. ábra: A klinikai pszichológia kutatási készségeinek tanulási pályája időrendi nézetben az online tervező eszközön [15].

Az eszköz egyértelmű áttekintést nyújt a hallgatók, oktatók, tudományos fejlesztők és minőségi bizottságok számára a tantervről. Ez megjeleníthető mind időrendi nézetben (lásd az 5. ábrát), mind pedig egy komponens nézetben (például egy speciális készség), lehetővé téve a tanterv különféle elemzését és megértését. Ugyanakkor az eszköz részletes információkat nyújt nemcsak arról, hogy hol és mikor, hanem különösképpen arról is, hogy a különböző alkotóelemeket miként tanítják a program különböző kurzusaiban (lásd az alábbi ábrát):



7. ábra: Az online tantervi tervezőben egy tantárgy tartalmának megtekintése [14]

A projekt egyik legnagyobb kihívása az eszköz nemcsak tanterv-feltérképező vagy tervező eszközként, hanem a hallgatók számára előnyös oktatási eszközként történő megvalósítása volt. Noha a hallgatók általában értékelték az eszköz vizuális elrendezését, az elérhetőséget és az áttekinthetőséget, azt is állították, hogy csak akkor használnák az online tanterv-feltérképező eszközt, ha az releváns egy feladathoz vagy teszthez.

A feltérképező eszköz működtetése érdekében egy koordinátor kijelölése is szükséges volt, aki felelős a tanárok közötti kommunikációért, a tanulási pálya tartalmáért és azért, hogy azt minden évben új és releváns információkkal frissítsék. A tantervek összehangolásához szükséges siker garantálásának egyik módja az online tanterv-feltérképező eszköz rendszeres frissítési protokolljának kidolgozása. Alapvető, hogy rendelkezésre álljon idő vagy szakmai segítség az alkalmazottak számára az online tanterv-feltérképező eszköz naprakészen tartása és a felmerülő szoftver problémák megoldása érdekében.

6. Esettanulmány: az Edutus Egyetem műszaki képzési területének korszerűsítési példája – lehetőségek és perspektívák

6.1. Képzési kínálat bővítése – új specializációk a cégek igényei alapján

A megye ipari parkjaiba nemzetközi nagyvállalatok (dán, német, kínai, japán és dél-koreai központokkal) magyarországi gyártó összeszerelő üzemai települtek be. Annak ellenére, hogy ezek nemzetközileg is élenjáró, korszerű technológiákkal működve, piacvezető termékeket állítanak elő, sem a kutatás-fejlesztés, sem a marketing/disztribúció és az azt követő testre szabott vevői szolgáltatások nincsenek a KEM-ben, de még Magyarországon sem. Ez azt jelenti, hogy nem a KEM cégek határozzák meg a „kinek, mit, mennyit és mennyiért (milyen ár és költségszinten) kell gyártani” tárgyú stratégiai döntéseket, hanem ezek a nemzetközi nagyvállalatok anyaországi központjaiban születnek meg.

Ugyanakkor minden KEM cég erősen versenyző piaci szegmensben tevékenykedik, éles minőségi és árverseny folyik az ügyfelek megszerzéséért, megtartásáért, a piaci pozíciók megőrzéséért, új piaci lehetőségek kiaknázásáért. Ehhez szükségük van elegendő számú, jól képzett, motivált, korszerű ismeretekkel és kompetenciákkal rendelkező minőségi munkaerőre (akár operátori, akár technikus, akár mérnöki szinten), amelyből egyre kevesebb található a megyében. Részben ennek köszönhetően, részben az Ipar 4.0. folyamataiból és a digitalizáció kihívásai miatt a cégek többsége a közeljövőben rá fog kényszerülni az automatizációra (és ahol a termelés jellege ezt szükségessé teszi a robotizációra), azaz kevesebb létszámú, de jobban képzett munkaerővel működtethető folyamatok, technológiák alkalmazására.

Az Edutus Egyetem EFOP 3.4.3.-16 – 2016-00019 projekt („Oktatási innovációk megvalósítása az Edutus Főiskolán”) célja a felsőoktatási részvétel növelése, oktatási innováció erősítése. Ennek keretében mélyinterjúkat készültek a gyakorlatigényes szakok hallgatói számára gyakorlati helyet biztosító vállalati és releváns szakemberi körrel. Az eredmények alapján meghatározható szakonként a releváns készségek, kompetenciák iránti igény, felvázolható, hogy a hallgatók kompetenciáival mennyire elégedettek a vállalatok, továbbá ennek mentén megtörtént a tantervek, képzési tartalmak dokumentum-elemzése a képzési tematika speciális készségfejlesztő modulokkal történő kiegészítése, valamint egyes modulok képzési tartalmának vállalati szakemberek bevonásával történő kidolgozása érdekében. 2018. szeptemberében létrejött a Műszaki Intézetben egy ad. hoc. munkacsoport, amelynek feladata volt a jelenlegi műszaki képzések hatályos tanterveinek áttekintése és aktualizálása, javaslatok megfogalmazása a munkaerőpiaci relevancia kutatás alapján javaslatok megfogalmazása az Edutus Egyetem műszaki képzési kínálatának (formai és tartalmi) bővítésére a hallgatók jobb „bevonása” érdekében.

Versenyképességi szempontból a nemzetközi nagyvállalatok KEM gyáregységeinél probléma a döntéshozatali folyamatok hosszú átfutási ideje és többszintű vállalati struktúra (minden döntést a felső vezetéssel vagy a központtal előzetesen egyeztetni kell, semmilyen önálló kezdeményezésre nem adódik lehetőség). Célszerű lenne a folyamatokat racionalizálni, a technológiák és termékek minőségbiztosítása érdekében a minőségjavító és fejlesztő módszerek szélesebb körét együttesen használni és több minőségmenedzsmenttel foglalkozó szakembert alkalmazni.

Másfelől a tömegtermelést célzó, automatizált (több helyen robotizált technológiák magas színvonalat képviselnek, működtetésük egyre inkább multidiszciplináris jellegű felkészültséget igényel. A gépsorok, berendezések karbantartása egyre komplexebb feladat. A karbantartók állandóan túlterheltek, kisebb, de azonnali megoldást követelő problémák miatt fontos feladatok elvégzése marad el. A karbantartók szerint a termelők ”addig hajtják a gépet, míg szét nem esik”; míg a termelők szerint a karbantartások elvégzése nem elég gyors, rugalmas és hatékony. Az autonóm karbantartás ezen problémáknak jelentős részét orvosolja meglepő gyorsasággal és hatékonysággal. Az autonóm karbantartásnál a termelésben dolgozók önállóan végzik el a karbantartási feladatok egy részét. Ezek a munkák döntően ápolás, gondozás-jellegűek, nagy szerepet kap még az állapotellenőrzés (érzékszervi diagnosztika), esetenként a kenési műveletek. A termelők végzik el az apró javítási feladatokat is (például egy kilazult csavar meghúzása), és esetleg segítenek a nagyobb javításokban (a karbantartók keze alá dolgoznak). A prediktív alapú karbantartás költségei (főleg a teljesen robotizált gyártósoroknál) jelentős összegeket emésztenek fel, továbbá hiányoznak a megfelelő felkészültségű és gyakorlott karbantartók.

A KEM cégek fenti igényei alapján döntött úgy az Edutus Egyetem vezetése, hogy a 2020-2021/1 tanévtől kezdődően bővíti az oktatási portfólióját, azaz az alapszakos mechatronikai mérnök képzésben a meglévő lézertechnológiai specializáció mellett elindítja a karbantartó specializációt (amely ismeretekre minden cégnél erős igény mutatkozott), másfelől az alapszakos műszaki menedzser képzéseknél a létesítménygazdálkodás, valamint a folyamat és projektmenedzsment specializációk mellett elindítja a minőségmenedzsment specializációt, amelyek várhatóan hozzájárulnak a műszaki képzések esetében újabb hallgatóknak az Edutus Egyetemre történő bevonásához.

6.2. Iskolarendszeren kívüli, „testre szabott” tanfolyamok a cégek munkavállalói részére

A cégek visszajelzései alapján az iskolarendszerű képzések mellett, tekintettel a szakképzési rendszer jelenlegi átalakulásaira is, egyre inkább figyelmük középpontjába kerülnek az iskolarendszeren kívüli, engedélyhez nem kötött (nem akkreditált, nem OKJ), ÁFA-s, tudásátadó (betanító, alapozó) vagy tudásfelfrissítő (továbbképző) tanfolyamok (4-5 alkalom, alkalmanként 4-6 óra, gyakorlat-orientáltak, kis csoportlétszámmal mennek, elsősorban technikus vagy operátori szinten). A cégeknek a következő területeken van igénye ilyen jellegű tanfolyamok megszervezésére és megtartására:

- Automatizáció, vezérléstechnika
- Robotika
- PLC programozás
- Hibakeresés és elhárítás
- Gépbeállítás, gépszerelés

A cégek a fenti problémával az Edutus Egyetem Műszaki Intézetéhez fordultak, mert:

- Ilyen tanfolyamokra nem áll módjukban, vagy nem kívánnak belső erőforrásokat allokálni (azaz vagy nincsenek olyan mérnökeik, szakembereik, aki a sokszor speciális igényű tanfolyamok megtartásához szükséges valamennyi kompetenciával rendelkeznenek, vagy ha igen, akkor termelés-szervezési, optimalizációs érdekek miatt nem kívánják őket „kivonni a termelésből” még ideiglenes jelleggel sem).
- A külső, vállalati tréningekre, vagy felnőttképzésre szakosodott cégek sokszor túlárzott és nem minden esetben ár/értékarányos ajánlatokat tesznek vagy általuk biztosított képzések nem minden esetben találkoznak 100 százalékban a cégek elvárásaival.
- A külső tréner tanácsadó cégeknek nincsenek meg az infrastrukturális feltételeik a tanfolyamok gyakorlati részének oktatásához.

Az Edutus Egyetem Műszaki Intézetének oktatói révén bármilyen téma lefedéséhez megvannak a szükséges kompetenciák. Emellett az ár/érték arányos ajánlatok adása mellett olyan infrastruktúrával rendelkezik, amelyek lehetővé teszik, hogy a cégeknél történő elméleti részek oktatását követően (így a munkavállalóknak nem kell külön utazniuk, azaz kevesebb időt kell a termeléstől távol eltölteniük) a gyakorlati oktatást a saját laborjaiban tudja biztosítani.

6.3. Átalakuló szakképzés – új kihívások és lehetőségek

Magyar Közlöny 2019. november 28-i 191. számában megjelent a Parlament által elfogadott, a szakképzésről szóló 2019.évi. LXXX. törvény, amely a 2011. évi elődjét váltja fel. A törvény alapján a következő tanévtől átalakul a szakképzés rendszere: változik az iskolák megnevezése és a képzés tartalma és időtartama is.

A Műszaki Intézet és a Tatabányai Szakképzési Centrum (TSZC) egy hosszútávú, több területet is magában foglaló együttműködésbe kezdett, amelynek egyik célja: a szakképzésben adott szakmacsoportok bizonyos tárgyainál az Edutus Egyetemen megtartandó tömbösített, projektfeladat alapú órák megtartása a Műszaki Intézet oktatóinak bevonásával. A diákok az egyéni vagy kiscsoportos projektjeikről egy Edutus-TSZC bizottság előtt számolnának be, elősegítve a diákok egyetemre történő beszoktatását (potenciális hallgatói utánpótlás).

Emellett több más, kölcsönösen előnyös elképzelés megvalósítása is folyamatban van, de a részletek tisztázásához célszerű megvárni a törvény végrehajtási rendeletének a megjelenését.

6.4. Multidiszciplináris komplex projektfeladatok a Műszaki Intézetben

A Műszaki Intézet törekszik arra, hogy a műszaki képzéseiben a hallgatók részére multidiszciplináris, rendszerszemléletű, problémamegoldó gondolkodásmódot adjon át, ötvözve a műszaki, gazdasági és az üzleti ismereteket. A nemzetközi trendek azt mutatják, hogy ezen „három integráció” a záloga a jövőbeli munkaerőpiaci sikereknek. A versenyképesség „puha” készségeire (előadás, tárgyalás és érvelés technika, menedzsment és vezetői ismeretek) egyre inkább igényt tartanak a cégek, számtalan esetben nem is konkrét munkaköröket, hanem elvárt kompetenciákat nevezve meg.

A Műszaki Intézet felismerve ezen munkaerőpiaci igényeket, az alapszakos harmadéves mechatronikai mérnökhallgatók számára kiscsoportos, komplex projektfeladatok teljesítését írja elő. Ezen feladatok hozzájárulnak a hallgatók műszaki, gazdasági ismereteinek integrálásához, felkészítik őket a rendszerszemléletű stratégiai gondolkodásmódra (analízis és szintézis), a szakdolgozatíráásra és a záróvizsgára.

A 3-4 fős csoportoknak el kell készíteni egy megadott eszköz, alkatrész (ez minden évben más) 3 D tervét a SolidEdge (CAD) programmal (előtte ötletek gyűjtése, szelektálása, koncepciók készítése, prototípuskészítés), majd annak virtuális tesztelését (és szükség szerinti javítását) követően a prototípust fizikálisan is le kell gyártani a megadott paraméterek mellett (3D nyomtatással vagy lézeres anyagmegmunkálással) és bebizonyítani annak működőképességét a gyakorlatban. Ezen túlmenően teljes önköltség számítási és termék beárazási feladatokat is meg kell oldaniuk, majd az egészről egy bizottság előtt kell prezentáció formájában számot adniuk egy megadott struktúrában. Alapelve, hogy a csoportok minden tagjának tudnia kell a projekt minden egyes fázisáról mindent (a prezentációk egyéniek), valamint az egyes csoportok egymással is versenyeznek („termékbemutató” és előadások). Néhány téma az elmúlt időszakból:

- a) Tárgyak megfogására alkalmas robot szerszámfej
- b) Hatlábú, egyenes vonalban mozgó pókrobot
- c) Okos szextáns

6.5. Új, interaktív oktatási eszközök alkalmazása

Az Edutus Egyetemnek lehetősége nyílt nagyképernyő méretű, interaktív oktatási projektorok beszerzésére. Ezek használata hozzájárul majd a hallgatói „élmény” és a tanulási hatékonyság növeléséhez, mivel lehetővé teszik a:

- korlátlan betekintési szöveget (a terem minden részéről egyformán jól láthatóak az információk),
- nagy képernyő méretük miatti jobb olvashatóságot,
- ultraszéles, osztott képernyő használatot (az oktatók két különböző forrásból származó tartalmat vetíthetnek ki egyszerre, például óravázlatot a számítógépről és állóképet vagy videoklipet dokumentumkameráról),
- interaktív tollak révén közvetlenül a képernyőre lehet írni, rajzolni, megjegyzéseket vagy válaszokat hozzáadni valós időben és a fejlett csatlakoztatási rendszer miatt azonnal megosztani a közös munkát. Az új interaktív tollakat még könnyebb használni kemény vagy puha hegyük és a háromszor hosszabb élettartamú akkumulátoruk miatt.

Ezen interaktív oktatási projektorok segítenek a hallgatóknak abban, hogy kreatívabbak és rugalmasabbak legyenek, eredeti ötleteket dolgozzanak ki, így motiváltabbak a tanulással kapcsolatban. Az oktatók olyan anyagokat tudnak létrehozni, amelyek lekötik a figyelmet és relevánsak.

Hatékonyabb eszközök az egész csoport bevonásához és a kritikus gondolkodás gyakorlásához, mint a hagyományos oktatási módszerek. A hallgatók használhatják laptopjukat vagy okostelefonjukat, hogy feleletválasztásos tesztekkel oldjanak meg, szavazzanak, vagy visszajelzést adjanak, és az eredmény azonnal látszik a képernyőn. Ez segít abban, hogy az egész csoportot bevonhassa a párbeszédbe – különösen hasznos a nagyobb méretű csoportoknál –, és az aktív részvétel, ill. a relatív anonimitás segítségével több interakció érhető el a hallgatóknál.

A technológiai készségek, iparágtól függetlenül fontosak a modern munkahelyeken, és ezen interaktív eszközök segítenek azoknak a készségeknek a megszerzésében, amelyekre az oktatóknak és a hallgatóknak egyaránt szükségük van.

A fentiek alapján megállapítható, hogy egy kicsi, regionális felsőoktatási intézmény (mivel vállalkozói szemléletű, magán egyetemként rugalmasan tud reagálni a piaci igényekre) is sikeresen versenyezhet a felsőoktatásba jelentkező hallgatóknak az intézménybe történő bevonásában, amennyiben bevezeti és széleskörben alkalmazza az új szemléletű, az informatikai technológiákra épülő, részt vevő központú és „testre szabott” oktatásmódszertani elveket a korábbi előadó központú módszerek mellett vagy helyett.

7. Összefoglalás

A felsőoktatási rendszereknek mind intézményi, mind finanszírozási oldalról példa nélküli globális kihívásokkal kell szembenézniük. Egyre élesebbé válik a hallgatókért, a pályázati forrásokért és az ipari megbízásokért folyó verseny az egyes egyetemek között.

Egyre inkább előtérbe kerülnek mentor-jellegű, a korábbi előadó központú módszerek helyett a résztvevő központú (szimulációk, szerepjátékok, vízió munka), a hallgatók igényeire „testre szabott” új szemléletű, a digitális technikákat is alkalmazó felsőoktatási módszerek (mentor-jellegű, projekt-alapú, interaktív oktatási formák) a hallgatóknak a felsőoktatásba történő bevonása érdekében, emellett a társadalmi szemléletformálás, a gazdasági szereplőkkel való együttműködések új alapokra helyezése, a korábbi hagyományos egyetemi modellek helyett a vállalkozó egyetem irányába történő elmozdulás.

A tanulmány a hazai felsőoktatás kihívásai közül a felsőoktatásba jelentkező hallgatói létszám csökkenésének okait vizsgálja (egyetemen kívüli, jobb kilátásokat kínáló alternatív karrier lehetőségek, a munkaerőpiac és a gazdaság igényeit nem fedő képzési kínálat, korszerűtlen oktatási módszerek, oktatók szemléletbeli problémái, a hazai egyetemek minőségi problémái,

amelyet a nemzetközi rangsorokban elfoglalt helyezések is tükröznek). Emellett bemutatja a különböző hallgatói csoportoknak a felsőoktatással szembeni elvárásait, értékrendjét, a hazai és nemzetközi felsőoktatási módszereket (alternatív online karriertervező portál, online innovatív tananyag fejlesztések, digitális tudásmegosztás – podcast rendszerben), hogy javaslatokat fogalmazzon meg a magyar felsőoktatás vonzóbbá tételére oktatásmódszertani szempontból az Edutus Egyetem műszaki képzésének példáján keresztül.

Egy vállalkozói szemlélettel működő regionális felsőoktatási intézménynek is lehet esélye a hallgatók bevonzásáért folytatott versenyben a nagy intézmények mellett, amennyiben bevezeti és széleskörben alkalmazza az új szemléletű, az informatikai technológiákra épülő, részt vevő központú és „testre szabott” oktatásmódszertani elveket a korábbi előadó központú módszerek mellett vagy helyett az alábbiak szem előtt tartásával:

- Az egyetemi oktatók továbbképzése, szemléletformálása, fogékonyabbá tétele az új oktatási eszközök, módszerek és tananyagok alkalmazására a hallgatók és a cégek megváltozott igényeire tekintettel.
- Az Edutus Egyetem Műszaki Intézet oktatóinak, amellett, hogy rövidebb-hosszabb időt töltöttek el különböző cégeknél, törekedniük kell, hogy a KEM technikumaiban, szakiskolaiban is szakmai tárgyak tanítását elvállalják, mivel a közoktatásban szerzett pedagógiai, oktatásmódszertani, didaktikai ismereteket, tapasztalatokat hasznosítani tudnák az egyetemi oktatói munkájukban is. Ezen órákat célszerű tömbösített formában az egyetemen megtartani projektfeladatokra fókuszáltnak. Ez hozzájárulhatna azon pedagógiai kultúra kiépítéséhez is, amely segíthet az online tudásmegosztás általánossá tételében, másfelől hozzájárulhat a hallgatói utánpótlás biztosításához a diákoknak az Műszaki Intézetbe való „beszoktatásával”.
- Nemzetközi jó gyakorlatok alkalmazása a hazai gyakorlatban, nemzetközi oktatási együttműködések erősítése érdekében (tapasztalatcsere, oktatói-kutatói mobilitás).
- A formális, iskola-rendszerű képzéseken túlmenően nem akkreditált, tanfolyamok szervezése a cégek igényeinek megfelelően – tudásfelfrissítés, továbbképzés – mérnököknek, technikusoknak. Ezek bevételi forrást is jelentenének. Ezek elősegíthetik a Műszaki Intézet KEM „beágyazottságának” növelését, másfelől ez is esetleges jövőbeli hallgatói utánpótlás alapjául szolgálhatnak.

Szakirodalmi források, felhasznált irodalom

1. KSH: Oktatási adatok 2018/2019 Statisztikai Tükör 2019. <http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/oktat/oktatas1819.pdf> letöltés 2019. december 20.
2. Kováts Gergely Temesi József: A magyar felsőoktatás egy évtizede 2008-2017 Budapesti Corvinus Egyetem Nemzetközi Felsőoktatási Kutatások Központja NFKK Kötetek 2. 2018. ISBN 978-963-503-672-1
3. <https://www.oecd.org/education/higher-education-needs-to-step-up-efforts-to-prepare-students-for-the-future.htm> letöltés 2019. december 28.
4. OECD: Education at a Glance 2019. OECD Indicators. OECD Publishing Paris (2019) ISBN 978-92-64-88811-1
5. Engame Akadémia (2017): A külföldön tartózkodó magyar diákok karriertervei és hazaköltözési hajlandósága https://engame.hu/documents/EngameAkademia_ReturnKutatas_2017.pdf letöltés 2019. december 27.
6. Veroszta Zsuzsanna (2010): Felsőoktatási értékek – hallgatói szemmel. A felsőoktatás küldetésére vonatkozó hallgatói értékstruktúrák feltárása. phd.lib.uni-corvinus.hu/506/1/veroszta_zsuzsanna.pdf
7. Dobó István, Perjés István, Temesi József: „Korszerű felsőoktatási pedagógiai módszerek, törekvések” Konferencia előadások Budapesti Corvinus Egyetem Közgazdaságtudományi Kar Nemzetközi Felsőoktatási Kutatások Központja AULA KIADÓ 2010 ISBN 978-963-89082-0-9
8. Simándi Szilvia: Fiatal és felnőtt hallgatók a felsőoktatásban. A felsőoktatás módszertani vetületei és kihívásai Linceum Kiadó Eger 2016 ISBN 978-615-5509-95-7
9. Inántsý Pap Judit, Orosz Róbert, Pék Győző, Nagy Tamás: Tehetség és személyiségfejlesztés Magyar Tehetségsegítő Szervezetek Szövetsége 2010.
10. Balogh László, Bolló Csaba, Dávid Imre, Tóth László, Tóth Tamás: A pedagógusok, szülők együttműködése és a kollégiumok szerepe a tehetségfejlesztésben Magyar Tehetségsegítő Szervezetek Szövetsége 2014 ISSN 2062-5936
11. Lénárd Sándor, Rapos Nóra: Ötletek tanítóknak az adaptív tanulásszervezéshez Országos Közoktatási Intézet Budapest 2006 ISBN 963-682-569-6
12. <https://www.notgoingtouni.co.uk/> letöltve 2019. december 6.
13. <https://cardinalatwork.stanford.edu/benefits-rewards/sweeteners/stanford-itunes-u> letöltve 2019. december 27.
14. Leoniek Wijngaards-de Meij, Joris Veenhoven: Improving the Coherence in the Psychology Curriculum. A Pilot Study Utrecht University International Conference on Future of Education.
15. Leoniek Wijngaards-de Meij, Sigrid Merx: Improving curriculum alignment and achieving learning goals by making the curriculum visible International Journal for Academic Development Volume 23, 2018 - Issue 3 pages 219-231, Print ISSN: 1360-144X Online ISSN: 1470-1324.

**AZ ACÉL-POLIMER KÖTÉS AZ ALAGÚT VÉGÉN
EREDMÉNYEK A FÉM-POLIMER HIBRID SZERKEZETEK LÉZERSUGARAS
KÖTÉSTECHNOLÓGIÁJÁNAK KUTATÁSÁBAN**

**THE STEEL-POLYMER JOINT AT THE END OF THE TUNNEL – RESULTS OF RESEARCH IN THE
JOINING OF METAL-POLYMER HYBRID STRUCTURES WITH A LASER BEAM**

TEMESI TAMÁS, PhD hallgató

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Polimertechnika Tanszék

temesit@pt.bme.hu

MOLNÁR LÁSZLÓ, mérnök tanár

EDUTUS Egyetem

molnar.laszlo@edutus.hu

CSISZÉR TAMÁS PhD, adjunktus

Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar

csiszer.tamas@rkk.uni-obuda.hu

Absztrakt

Jelen cikkünkben röviden bemutatjuk a lézersugaras hegesztési technológia alkalmazhatóságát fém és polimer anyagok közötti kötések kialakítására. Kapcsolódó kísérleteinkben $2^2 \times 3^2$ teljes faktoriális típusú kísérletterv alapján szerkezeti acél és erősítetlen, valamint cellulózzsálakkal erősített poli(metil-metakrilát) (PMMA) anyagok között hoztunk létre átlapolt kötésekkel lézersugaras hegesztéssel, amelyeket nyomóvizsgálatok segítségével minősítettünk. Optikai mikroszkópos vizsgálatokkal meghatároztuk a kötésben részt vevő felületek nagyságát, ezek alapján meghatároztuk a kötések nyomószilárdságát, valamint statisztikai kiértékelési módszerek segítségével a szilárdságot szignifikánsan befolyásoló folyamatparamétereket és azok ideális értékeit is.

Abstract

In this article, we briefly summarize the applicability of laser welding in joining metal and polymer materials. In relevant experiments using a $2^2 \times 3^2$ full factorial-type design of experiment, we manufactured overlapped joints between stainless steel and unreinforced, as well as cellulose fibre-reinforced poly(methyl methacrylate) (PMMA) specimens with laser welding. We quantified the mechanical properties of these specimens with compression tests and also used an optical microscope to quantify the size of the joining surfaces. Thus, by using statistical evaluation methods, we were able to determine the compressive strength of the joints as well as the process parameters (and their ideal values) that significantly influenced joint strength using statistical evaluation methods.

1. Lézersugaras hegesztés és alkalmazhatósága fém-polimer kötések létrehozására

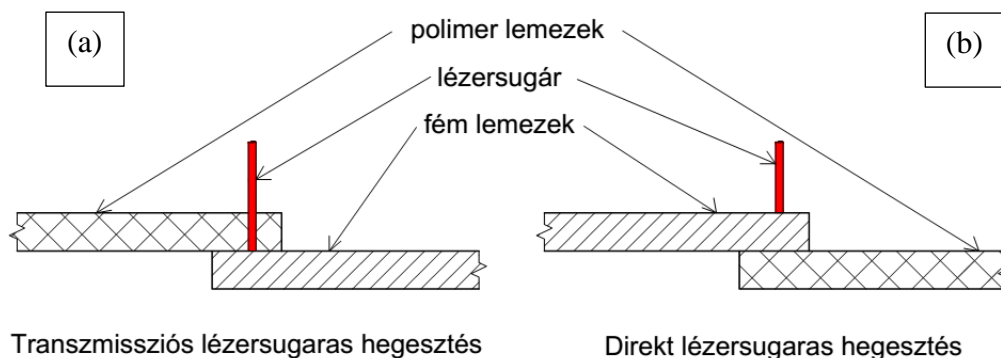
A járműipar egyik fontos célja a költségcsökkentés, mind a gyártási folyamatok, mind a jármű használata során. Erre az egyik legegyszerűbb módszer a kis sűrűségű anyagok, például polimerek és polimer kompozitok használata, amelyekkel a jármű életciklusa során üzemanyag-megtakarítás érhető el, továbbá a kibocsátott környezetkárosító anyagok mennyisége is csökkenthető [1, 2].

A polimer anyagból készült alkatrészek fémből készült szerkezetekhez (pl. vázelemekhez) történő hozzákapcsolásának módjai és technológiái az elmúlt években kerültek a kutatások fókuszpontjába. Kiemelt figyelem övezi azon technológiákat, amelyekkel közvetítő anyag (pl. ragasztóanyag vagy standard kötőelemek) felhasználása nélkül, akár tömegtermelés keretein belül (kis ciklusidővel, automatizált módon) lehetséges fém és polimer anyagok között kötések kialakítása. A műanyagok összekötésére jelenleg is elterjedten alkalmazott hegesztési eljárások (dörzs-, ultrahang-, illetve lézersugaras hegesztés) ilyen célra is alkalmazhatók, amit számos publikáció is bizonyít [1, 3-7]. Ezen technológiák közül is kiemelkedik a lézersugaras hegesztés, mivel jól automatizálható és érintésmentes, segítségével akár több anyagréteg egyidejű, tömör, feszültségmentes összekötése is megvalósítható, továbbá a kötési folyamat során hőfejlődés csak a varrat közvetlen közelében történik, ezáltal a hegesztett anyagok nagymértékű termikus degradációja is elkerülhető. A lézerhegesztési technológia hátrányai közé tartozik, hogy a berendezés drága és üzemeltetése során szigorúan be kell tartani a hatályos biztonsági intézkedéseket (személyi védelem, védőszemüveg használata). A lézersugaras hegesztés csak akkor alkalmazható alkatrészek összekötésére, ha azok közül valamelyik anyag a lézersugárzást képes elnyelni és az alkatrészek megfelelő egymáshoz rögzítése (összenyomása) a teljes folyamat során fenntartható [8].

Fém és polimer közötti kötések lézersugaras hegesztéssel (Laser-Assisted Metal-Polymer, vagy LAMP technológiával) történő létrehozása során a kötési folyamat paraméterei mellett a kötészilárdságra jelentős hatással van a fém alkatrész felületi előkészítése [7], valamint a fém és polimer összeférhetőségének mértéke is, hiszen a műanyagok és a fémek jelentős mértékben különböznek egymástól mind fizikai, mind kémiai szerkezetüket tekintve. Emiatt a létrehozott kötés az esetek túlnyomó többségében adhéziós, a megömlesztett állapotba hozott polimer és a fém felületi rétege között létrejövő másodlagos kötéseken alapul [8, 9]. A létrehozott kötés teherbírását jelentős mértékben befolyásolja továbbá a polimer láncainak szerkezete, konformációja, kapcsolatrendszere [10], valamint a polimerben visszamaradt monomer-maradékok és segédanyagok típusa és mennyisége [11]. A megfelelő folyamatparaméterek

alkalmazásával azonban az adhéziós kapcsolat a fém és polimer anyagok között akár erősebb lehet a polimer anyag kohéziójánál is [12].

Fém és polimer anyagok között lézersugaras hegesztéssel kétféle módon hozható létre kötés: ún. transzmissziós hegesztéssel, valamint ún. direkt lézersugaras hegesztéssel (1. ábra) [8, 13]. A transzmissziós hegesztési (közvetett ráolvasztási) eljárás lényege, hogy a polimer komponens a lézersugárzás szempontjából „átlátszó”, vagyis a jellemzően közeli infravörös sugárzás tartományába (800-1500 nm) eső lézersugarak energiájának nagy részét (elhajlás nélkül vagy szóródás útján) áttereszti. Amennyiben egy ilyen „átlátszó” polimer test alá fém alkatrészt helyezünk el, a lézersugárzás a fém alkatrészben nyelődik el, alakul hővé. A keletkezett hő hővezetéssel és hőátadással jut el a polimer alkatrészhez, amely megömlesztett állapotba kerül, ráolvad a fém alkatrész felületére, befolyik a fém felületén található felületi struktúrákba (emiat van kiemelt szerepe a fémek felületi előkészítésének fém-polimer kötések létrehozása esetén) [8, 9, 11, 13].



1. ábra Transzmissziós lézersugaras hegesztési (a), illetve direkt lézersugaras hegesztési (b) módszerek sematikus ábrája

Az ún. direkt lézersugaras hegesztést akkor érdemes fém-polimer kötés létrehozása során alkalmazni, ha a polimer anyag a lézersugárzás szempontjából nem, vagy csak kis mértékben átlátszó (pl. töltő-, színező-, adalék-, vagy erősítőanyagok alkalmazása, vagy a polimer szerkezeti felépítése miatt), illetve ha az anyag degradációra hajlamos (a lézersugárzásra érzékeny). Direkt lézersugaras hegesztés során a lézersugárzás közvetlenül a fém alkatrészrel érintkezik, a polimer anyaggal nem lép kölcsönhatásba [8, 9, 11, 13].

Kutatásunk tárgya biobázisú társító anyaggal erősített műanyag (cellulóz szákkal töltött PMMA) és szerkezeti acél lézersugaras technológiával történő összekötése és a kötések mechanikai vizsgálata. Korábbi kutatásunk során már azonosítottuk azokat a technológiai

paramétereket, amelyek jelentős hatással voltak a kötés megfelelőségére. Jelen publikációban bemutatjuk kísérleti terveinket, a kötések létrehozása, valamint vizsgálata során alkalmazott módszereket, a technológiai paraméterek optimális értékeit, valamint a kötések mechanikai vizsgálata során elért eredményeket.

2. Alkalmazott anyagok, berendezések és módszerek

Kísérleteink során szerkezeti acél és kétféle típusú poli(metil-metakrilát) (PMMA) anyag között hoztunk létre átlapolt kötések lézersugaras hegesztési technológia alkalmazásával. Célunk volt emellett, hogy megvizsgáljuk biobázisú erősítőanyag (cellulózszálak) hatását a kötések létrehozhatóságára és mechanikai, valamint optikai tulajdonságaira, ezért mindkét PMMA alapanyagból készítettünk 1 tömegszázalék cellulózzállal erősített próbatesteket is. Az 1 tömegszázalékos értéket előkísérleti eredményeink ([9]) alapján határoztuk meg. Az alkalmazott anyagok legfontosabb paramétereit az alábbiakban foglaljuk össze.

Fém próbatetek: A kötés létrehozásához felhasznált acél próbatetek S235JR típusú, 0,8 mm vastag szerkezeti acéllemezből kerültek kivágásra lézersugaras technológiával. A próbatetek hossza 30 mm, szélessége 10 mm volt.

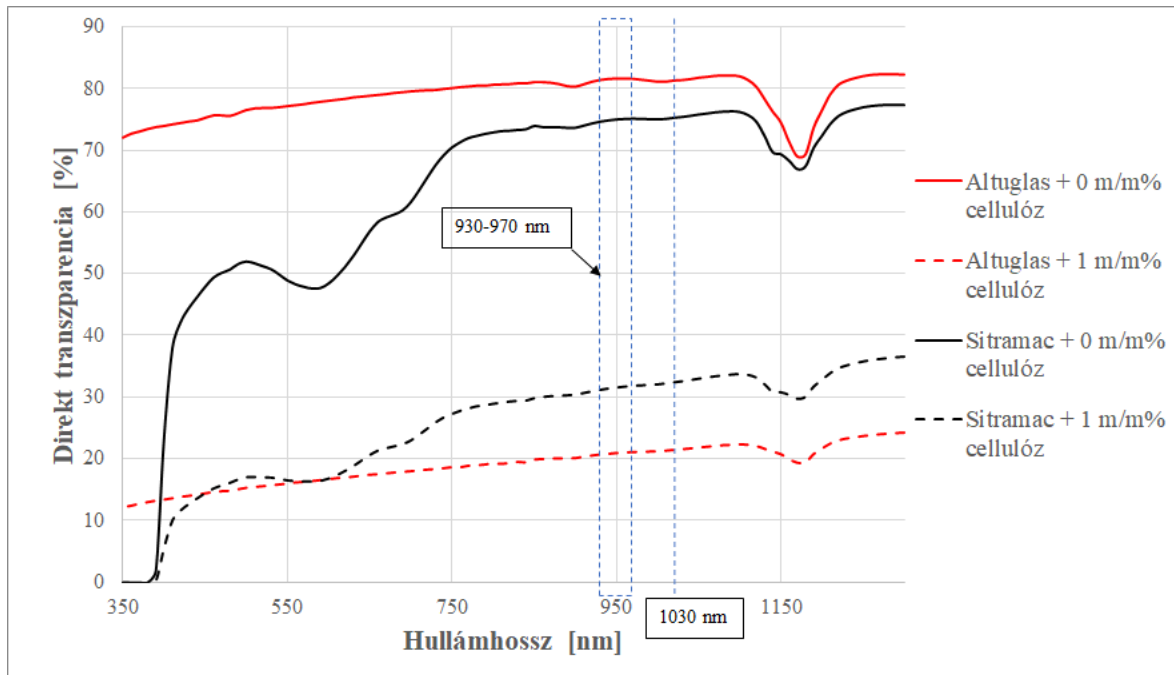
Polimer próbatetek: Előkísérleteink alapján kétféle PMMA (Sitraplas Sitramac, illetve Resinex Altuglas VS-UVT) alapanyagból, kompaundálással és fröccsöntéssel (mindkét technológiai lépés alkalmazása előtt a polimer anyagot 80°C-on, 8 órán keresztül szárítottuk) készítettünk 80x80x2 mm befoglaló méretű, ún. lapka próbatesteket kísérleteinkhez. Ezekből lézersugaras technológiával 80x10x2 mm befoglaló méretű próbatesteket vágunk ki a kötések létrehozásához.

Erősítőanyag: Kísérleteinkhez kompaundálással, majd fröccsöntéssel előállítottunk 1 tömegszázalék cellulózzállal erősített polimer kompozit próbatesteket is. Ezekhez a J. Rettenmeier & Söhne GmbH Arbocel B600 típusú termékét használtuk fel. A kompaundálás előtt a cellulózzálakat a gyártó előírásának megfelelően 8 órán át 80 °C-ra felfűtött szárítószekrényben szárítottuk ki.

Az átlapolt kötések létrehozásához kétféle lézersugaras hegesztési módszert (ún. transzmissziós lézersugaras hegesztés, valamint ún. direkt lézersugaras hegesztést, 1. ábra), valamint kétféle lézersugaras hegesztőberendezést használtunk. A kötések létrehozása előtt mind az acél, mind a polimer próbatetek felületét metanolba áztatott kendővel töröltük át. A transzmissziós lézersugaras hegesztés során a polimer próbatestet az acél próbatest tetejére

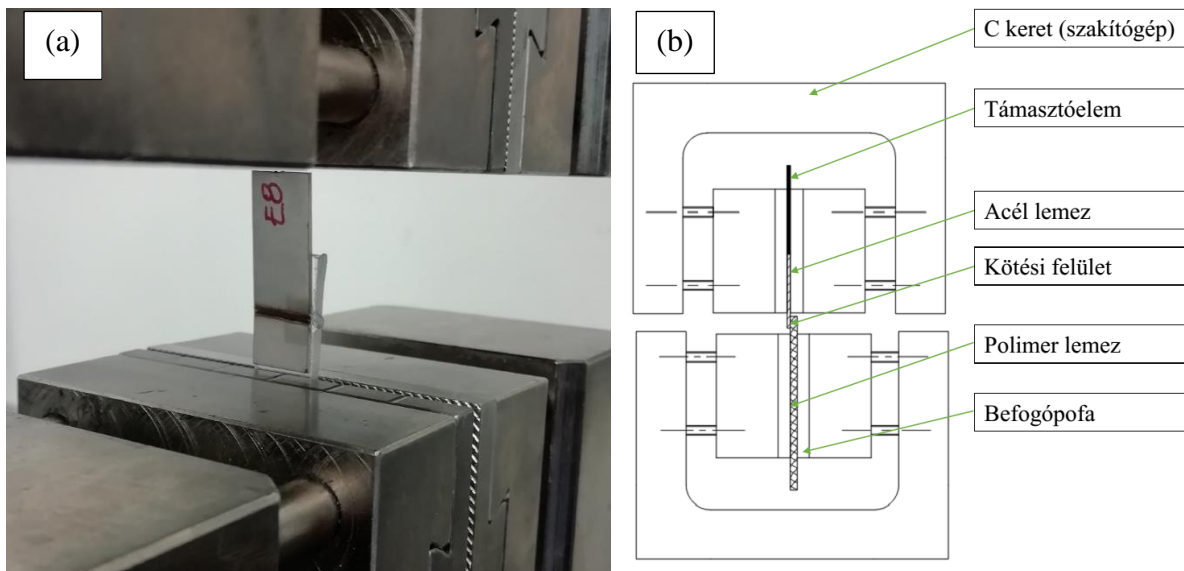
helyeztük, majd megfelelően összeszorítottuk őket. A transzmissziós hegesztéseket egy 150 W maximális teljesítményű, Trumpf TruDiode 151 típusú diódalézeren végeztük el. A direkt lézersugaras hegesztések során a polimer próbatestek tetejére helyeztük az acél próbatesteket, majd megfelelően összeszorítottuk őket. A direkt lézersugaras hegesztés esetén a lézersugár közvetlenül az acél próbatesttel kerül kapcsolatba, a polimer próbatesten nem halad át. Ezeket a kötéseket egy Trump TruLaser Cell 7020 CNC cellában elhelyezett, 4000 W maximális teljesítményű, Trumpf TruDisk 4001 típusú Yb:YAG szilárdtestlézer felhasználásával hoztuk létre. A kötéseket vonalmenti hegesztéssel hoztuk létre úgy, hogy a lézersugár háromszor, ugyanazon vonal mentén végighaladva sugározta be a próbatesteket. A hegesztési sebességet mindkét módszer esetén 1 m/perc értékre állítottuk be, hogy az elkészített kötések a lehető legnagyobb mértékben összehasonlíthatók legyenek.

Az elkészített, erősítetlen, valamint 1 tömegszázalék cellulózzal erősített próbatestek átlátszóságát (a besugárzó fény hullámhosszától függő transzparenciáját) egy Perkin-Elmer Lambda 1050 típusú spektrofotométer segítségével határoztuk meg (2. ábra). A vizsgálati eredmények alapján kijelenthető, hogy már 1 tömegszázalék cellulózzal bekeverésével is jelentősen romlik a polimer próbatestek átlátszósága (kb. 80%-ról kb. 25%-ra). Ez a transzmissziós hegesztés során jelentős problémákat okoz: a kevésbé átlátszó próbatestek a lézersugárzás energiájának nagyobb részét nyelik el, ami a polimer anyag degradációját okozhatja, valamint a kötés kialakulását is megakadályozhatja. Ennek figyelembevételével a transzmissziós hegesztési kísérleteket kisebb lézersugár-teljesítmény értékek beállításával végeztük el (lásd 2.1. fejezet), amellyel egyben a tartós, szilárd kötés létrehozásához szükséges minimális lézersugárzás teljesítmény értékét is meg tudtuk határozni.

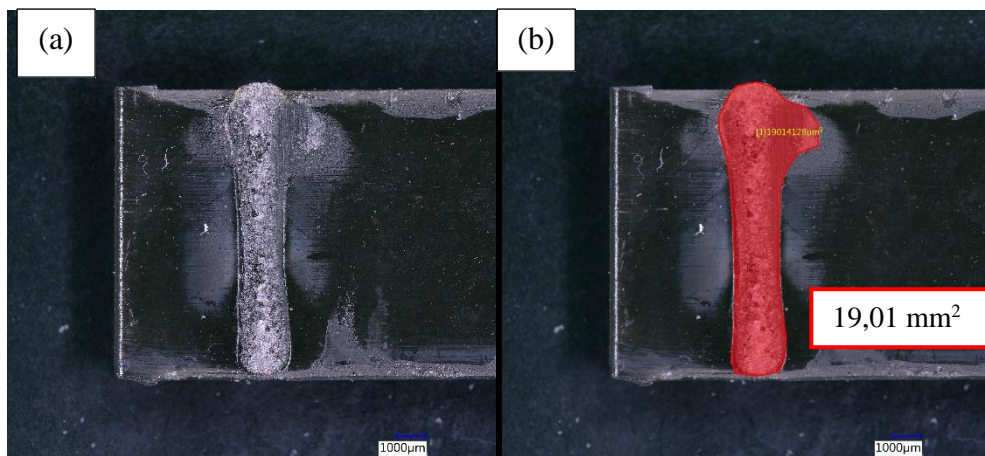


2. ábra A felhasznált erősítetlen és cellulózzal erősített PMMA alapanyagok átlátszósága a megvilágító fény hullámhosszának függvényében, és az alkalmazott lézerek hullámhosszai

Az elkészített kötéseket egy Zwick Z005 típusú univerzális szakítógépen nyomóterheléssel (nyíróvizsgálatokkal) minősítettük (3. ábra). Mivel előkísérleteink alapján az acél-PMMA kötések ridegen viselkednek, ezért a vizsgálati sebességet 1 mm/perc értékre állítottuk be. A kötéseket tönkremenetelig terheltük, majd a polimer próbatetek kötésben részt vett felületéről Keyence VHX-5000 típusú optikai mikroszkóp segítségével fényképeket készítettünk, valamint az optikai mikroszkóp szoftverével számszerűsítettük a kötésben részt vett felületek nagyságát is (egy példa a 4. ábrán látható).



3. ábra Kötések nyomóvizsgálata: a próbatest befogása (a), valamint a befogás elrendezéséről készített nem méretarányos oldalnézeti magyarázó ábra (b)



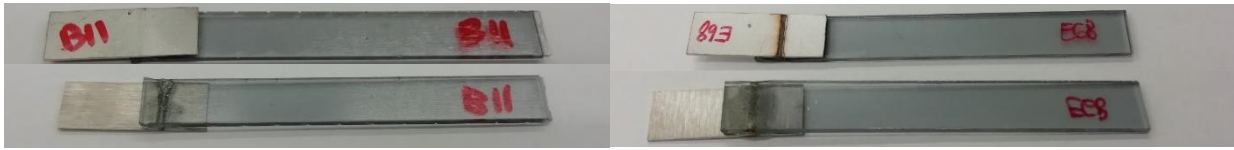
4. ábra Optikai mikroszkópi kép egy PMMA próbatest kötési felületéről a kötés tönkremenetele után (a), valamint a kötési felület nagyságának meghatározása az optikai mikroszkóp szoftverének segítségével (b)

2.1. Kísérleti terv

Kísérleteinket $2^2 \times 3^2$ teljes faktoriális típusú kísérletterv alapján végeztük el. Előkísérleteink alapján a kötések mechanikai tulajdonságait az alkalmazott módszeren (transzmissziós vagy direkt lézergusaragos hegesztés) kívül a polimer típusa, az erősítőszál-tartalom, valamint a lézergusarzás teljesítménye befolyásolja. Kísérleti úton meghatároztuk ezen folyamatparaméterek felhasználásával kialakítható technológiai ablakot, valamint a létrehozott kötések szubjektív vizsgálata (szilárdság, esztétika) alapján ideálisnak tűnő folyamatparaméter-értékeket (1. táblázat). Paraméterkombinációként 10-10 acél-polimer kötést hoztunk létre (5. ábra).

		Paraméter értéke		
Lézergusarzás teljesítménye [W]				
Transzmissziós hegesztés (C3)		110	130	150
Direkt hegesztés (C2)		210	230	250
Polimer anyag		Sitramac		Altuglas VS-UVT
Erősítőanyag mennyisége	tömegszázalékos	0		1

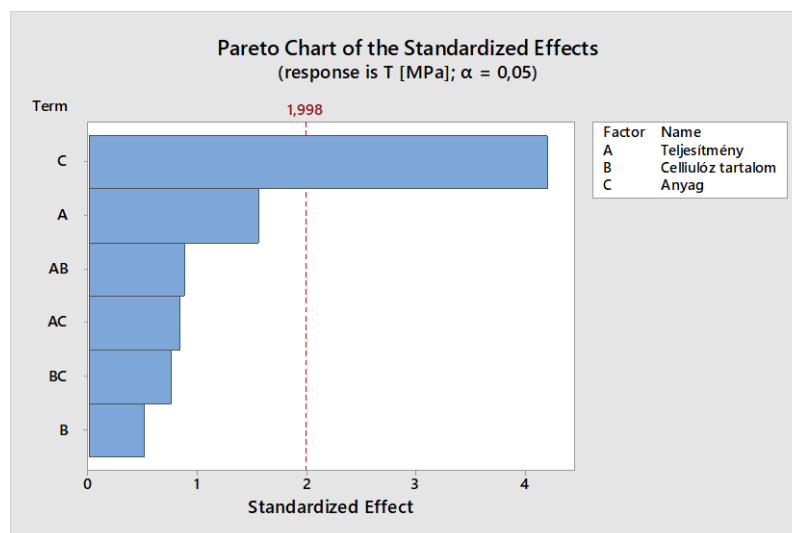
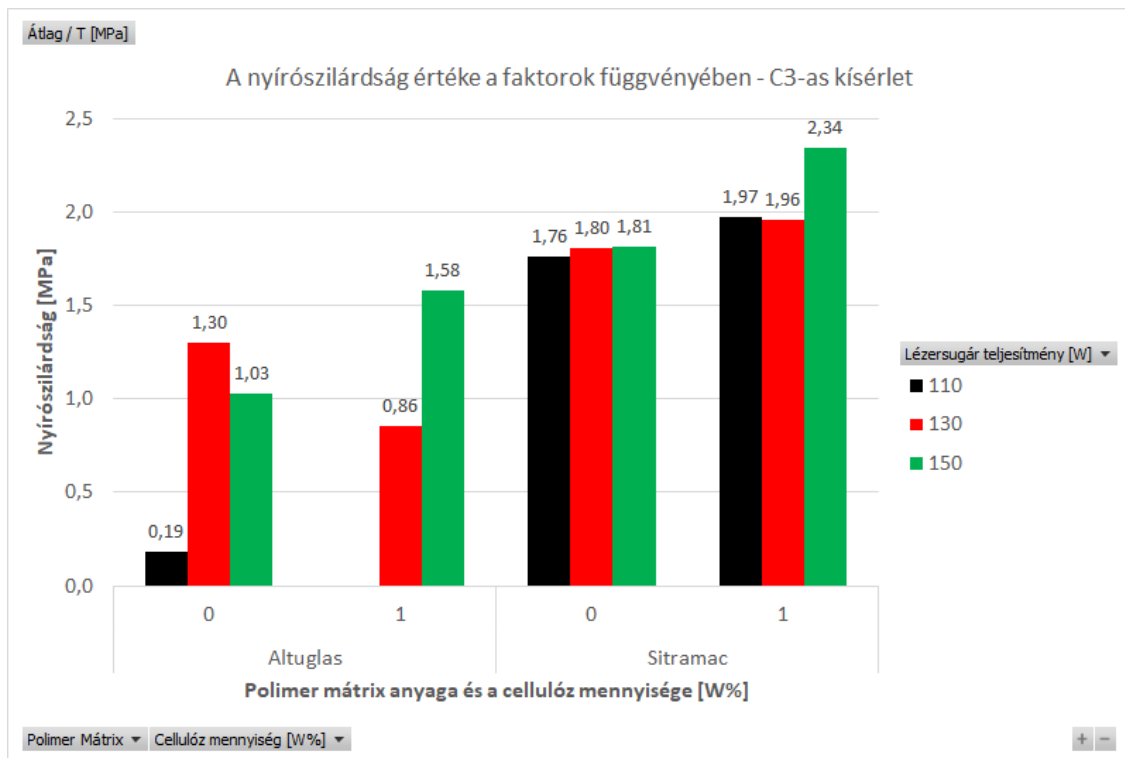
1. táblázat Acél-PMMA kötések lézergusaragos hegesztéssel történő létrehozása során alkalmazott (folyamat)paraméter-értékek



5. ábra Acél és erősítetlen Sitramac PMMA között transzmissziós lézersugaras hegesztéssel (bal oldalon), valamint direkt lézersugaras hegesztéssel (jobb oldalon) létrehozott kötések

3. Kísérleti eredmények, konklúziók

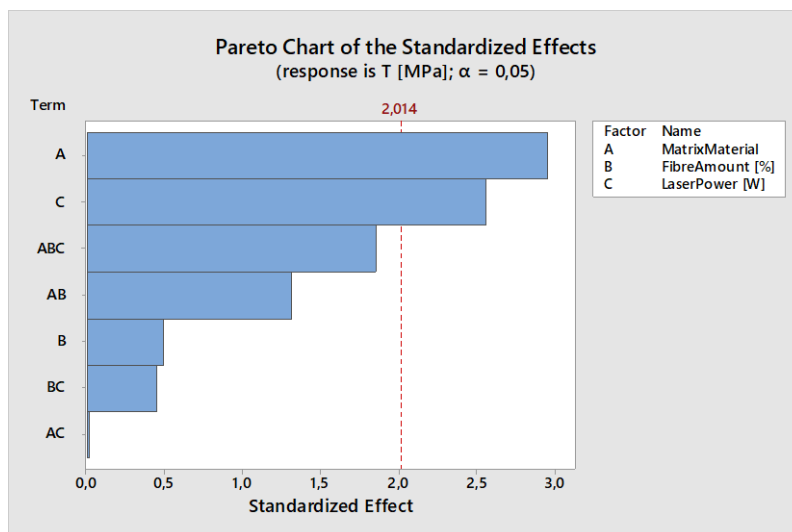
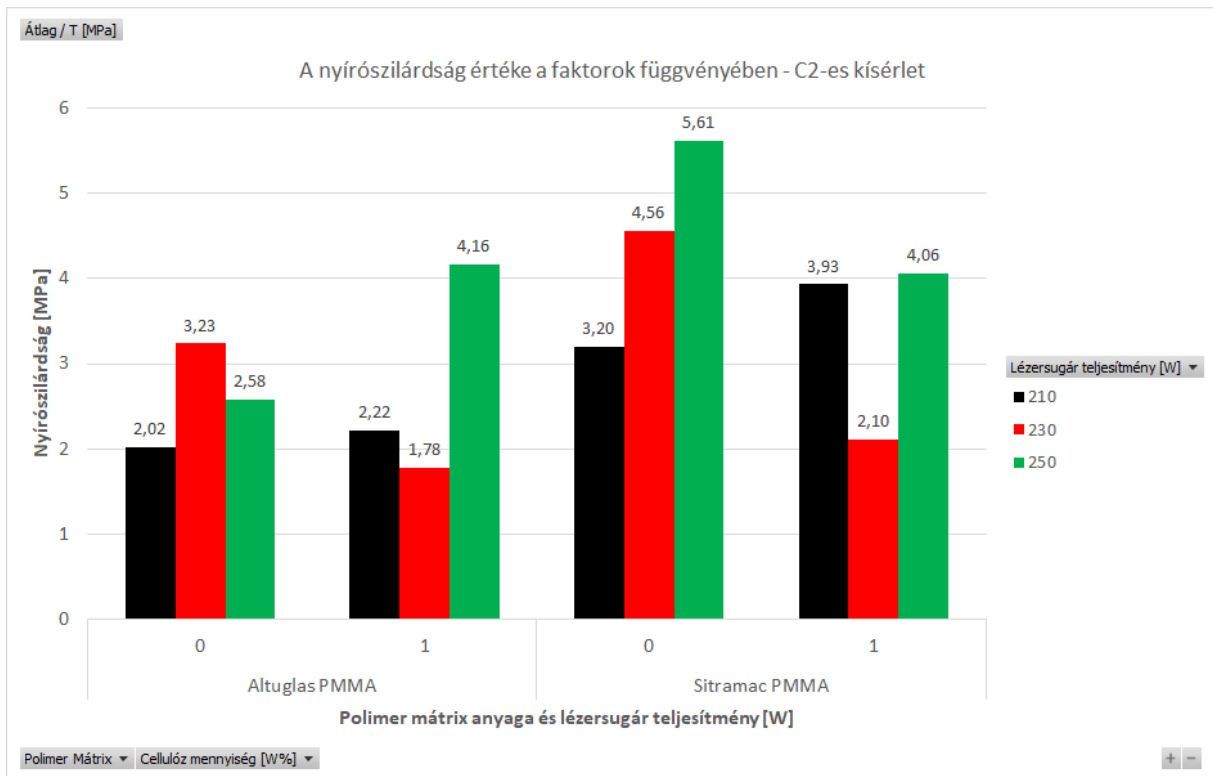
A transzmissziós lézersugaras hegesztéssel létrehozott kötések („C3-as kísérlet”) nyomóvizsgálati eredményeinek kiértékelése során megfigyeltük, hogy a lézersugárzás teljesítményének növelésével kis mértékben nőtt a kialakított kötések átlagos nyírószilárdsága (6. ábra). A mérési eredmények statisztikai kiértékelése (ANOVA) alapján 95 százalékos szignifikancia szinten nem jelenthető ki, hogy a kötés szilárdságára a polimer anyag típusán kívül bármely más paraméter vagy paraméterkombináció (így a lézerteljesítmény vagy a cellulózsál erősítőanyag mennyisége) szignifikáns hatással van. Méréseink alapján transzmissziós hegesztési módszer esetén a Sitramac anyag és 150 W lézerteljesítmény használata javasolt, annak ellenére, hogy a transzparenciavizsgálatok során rendre a Sitramac anyag bizonyult kevésbé átlátszónak, ezáltal transzmissziós hegesztési szempontból (látszólag) rosszabb választásnak.



6. ábra Transzmissziós hegesztéssel előállított acél-PMMA kötések nyírószilárdsági értékei (fent) és a nyírószilárdságra szignifikáns hatással lévő paraméterek meghatározásához felhasznált Pareto-diagram (lent)

A direkt lézersugaras hegesztési technológiával készített kötések („C2-es kísérlet”) vizsgálati eredményeinek kiértékelése során még az előző esethez hasonló trend sem mutatkozott: a lézersugárzás teljesítményének növelése nem minden esetben okozta a kötésszilárdság értékének monoton növekedését (7. ábra). A mérési eredmények statisztikai kiértékelése (ANOVA) alapján 95 százalékos szignifikancia szinten nem jelenthető ki, hogy a lézersugárzás teljesítményén és a polimer anyag típusán kívül egyéb paraméter vagy paraméter kombináció szignifikáns hatással volt a kötés nyírószilárdságára. Ez esetben szintén azt a

következtetést vonhatjuk le, hogy a legnagyobb kötőszilárdság eléréséhez a lehető legnagyobb teljesítménnyel (250 W) és a Sitramac anyag felhasználásával érdemes dolgozni.



7. ábra Direkt lézersugaras hegesztéssel előállított acél-PMMA kötések nyírőszilárdsági értékei (fent) és a nyírőszilárdságra szignifikáns hatással lévő paraméterek meghatározásához felhasznált Pareto-diagram (lent)

4. Összegzés

Méréseink alapján acél-PMMA kötés létrehozható lézersugaras hegesztéssel, mind transzmissziós, mind direkt lézersugaras hegesztési módszerrel, már akár 130 W lézerteljesítménnyel is, azonban kísérleteink alapján a 250 W lézerteljesítménnyel és direkt lézersugaras hegesztéssel készített próbatestek nyírószilárdsága volt a legnagyobb. A cellulózsálak már 1 tömegszázalék mennyiségben adagolva is jelentősen rontják a polimer anyag transzparenciáját, miközben nem befolyásolják szignifikánsan a kötések szilárdságát egyik hegesztési módszer és alapanyag esetén sem. A létrehozott kötések rideg viselkedést mutattak, valamint a direkt lézersugaras hegesztés során a lézersugár nyomot hagyott a fém felületén, amely esztétikai problémákat okozhat.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az EFOP 3.6.1-16-2016-00009: „Lézer technológiai és energetikai alapkutatás megvalósítása az Edutus Főiskolán, tudástranszfer, továbbá a vállalati kapcsolatok és a társadalmi szerepvállalás erősítését célzó tevékenységekkel kiegészítve” c. projekt támogatásával valósult meg. A szerzők köszönik az Edutus Egyetem munkatársainak a lézersugaras hegesztéssel történő kötések kialakítása, valamint Beleznai Szabolcs adjunktusnak a transzparenciavizsgálatok során nyújtott segítségét.

Felhasznált irodalom

- [1] Hirsch J.: Recent development in aluminium for automotive applications. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, **24**, 1995-2002 (2014).
- [2] Zhou J., Wan X., Li Y.: Advanced aluminium products and manufacturing technologies applied on vehicles presented at the eurocarbody conference. Materials Today: Proceedings, **2**, 5015-5022 (2015).
- [3] Jung K.-W., Kawahito Y., Takahashi M., Katayama S.: Laser direct joining of carbon fiber reinforced plastic to zinc-coated steel. Materials & Design, **47**, 179-188 (2013).
- [4] Jung K.-W., Kawahito Y., Takahashi M., Katayama S.: Laser direct joining of carbon fiber reinforced plastic to aluminum alloy. Journal of Laser Applications, **25**, 032003 (2013).
- [5] Farazila Y., Miyashita Y., Hua W., Mutoh Y., Otsuka Y.: Yag laser spot welding of pet and metallic materials. Journal of Laser Micro/Nanoengineering, **6**, 69-74 (2011).
- [6] Borrisutthekul R., Saengsai A., Mitsomwang P.: Dissimilar materials laser welding between stainless steel 304 and thermoplastics. Key Engineering Materials, **719**, 142-148 (2016).
- [7] Rodríguez-Vidal E., Sanz C., Lambarri J., Renard J., Gantchenko V.: Laser joining of different polymer-metal configurations: Analysis of mechanical performance and failure mechanisms. Physics Procedia, **83**, 1110-1117 (2016).
- [8] Amancio-Filho S. T., Blaga L.: Joining of polymer-metal hybrid structures - principles and applications. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, United States of America (2018).
- [9] Csiszér Tamás, Molnár László, Temesi Tamás: A (monokromatikus) fény az alagút végén. Részeredmények a fém-polimer hibrid szerkezetek lézertáplálásában. Acta Periodica, 15. kötet; Felkészülés az új évtizedre: a technológia és a gazdaság új kihívásai, p. 75-85 (2018).
- [10] Cheon J. et al.: Relation of joint strength and polymer molecular structure in laser assisted metal and polymer joining. Science and Technology of Welding and Joining, Volume 19, Issue 8. 2014, pages 631-637.
- [11] Buza G. et al.: Műanyagok és fémek lézer hatására történő közvetlen összekapcsolásának (direct joining) lehetőségei az autópárhuzban. Gépgyártás, LV. Évfolyam, 2015.1. szám.
- [12] Rauschenberger J. et al.: Laser hybrid joining of plastic and metal components for lightweight components. From Conference Volume 9356 High-Power Laser Materials Processing: Lasers, Beam Delivery, Diagnostics, and Applications IV Friedhelm Dorsch. San Francisco, California, United States | February 07, 2015.
- [13] Temesi Tamás, Kiss Zoltán, Csiszér Tamás: Korszerű technológiák fém és polimer anyagok közötti kötések kialakítására. Acta Periodica, 15. kötet; Felkészülés az új évtizedre: a technológia és a gazdaság új kihívásai, p. 115-125 (2018).

NAPKOLLEKTOROS RENDSZEREK ENERGIAHOZAMÁT BEFOLYÁSOLÓ PARAMÉTEREK VIZSGÁLATA

VARGA ZOLTÁN, tanársegéd
EDUTUS Egyetem

Absztrakt

A jelen cikkben bemutatott eredmények az EFOP 3.6.1. pályázat ("Lézertechnológiai és energetikai alapkutatás megvalósítása az Edutus Egyetemen, tudástranszfer, továbbá a vállalati kapcsolatok és a társadalmi szerepvállalás erősítését célzó tevékenységekkel kiegészítve") szolár-domotika munkacsoportjának közreműködésével születtek. Jelen cikk a napkollektorral felszerelt energiatermelő rendszerek elemeit és a rendszerekkel kapcsolatos mérés-technikai követelményeket foglalja össze, elsősorban az eredő rendszerhatásfok és a szabályozási stratégiák okozta energiahozamot vizsgálva.

Kulcsszavak: napkollektor, napelem, hatásfok mérés

Abstract

The results introduced in this article realized by the activity of the research team carried out the project: Basic research project in the field of Laser-beam - technologies and energetics Project identification No.: EFOP-3.6.1-16-2016-00009. In this work the energy production elements equipped by solar collectors are summarized investigated and focused to the system efficiency and control strategy.

Keywords: Solar collectors, solar cell, efficiency measurements,

1. Bevezetés

A napenergia hasznosításának története egészen az ókori világig nyúlik vissza, mivel azóta foglalkoztatja az emberiséget, hogyan lehetne minél tisztábban és jobb hatásfokkal hasznosítani ezt a megújuló energiaforrást.

Napjainkban a hagyományos fosszilis alapú energiatermelő rendszerek mellett megjelentek alternatív – sok esetben megújuló energiaforrásokat hasznosító – megoldások, amelyek mind

lakossági-, mind ipari környezetben alkalmazhatók hő- és villamos energia termelésére. A megújuló energiaforrások - mint például a napenergia - minél jobb hatásfokkal történő felhasználása társadalmunk energiaproblémáinak megoldásában kulcs jelentőségű a fosszilis készletek fogyása és az általuk okozott környezetszennyezés miatt.

2. A napenergia hasznosításának lehetőségei

A napenergiát felhasználhatjuk mind hő-, mind pedig villamos energia előállítására. A termikus kiaknázás passzív alkalmazása elsősorban a napenergia épületekben történő hasznosítását jelenti. Az épületek hőháztartásának optimalizálásában segítséget nyújthat a megfelelő tájolás, a határoló felületek energiatudatos formázása, illetve a réteges falszerkezetek kialakítása.

Hazánkban egyre jobban elterjedőben van a termikus kiaknázás aktív változata, a napkollektoros energiahasznosítás is. A napkollektor lényegében egy üveg borítású lapos doboz, amelyben hőabszorbeáló szerkezeti elemek és hőszigetelés található. Természetesen számos további típusuk is létezik (4. ábra). A napkollektor matt fekete, fényelnyelő (ún. absorber) festékkel bevont felszíni rétege a fény (pontosabban a Nap infravörös sugárzásának) elnyelése által felmelegszik (1. ábra), az elnyelt hőt átadja a belső térfogatban található hőelnyelő- és hőtovábbító közegnek (folyadéknak), amelyet egy csőkígyó és egy szivattyú segítségével a hőcserélőhöz vezetnek. [1][2]

2.1. Napenergia-hasznosító rendszerek

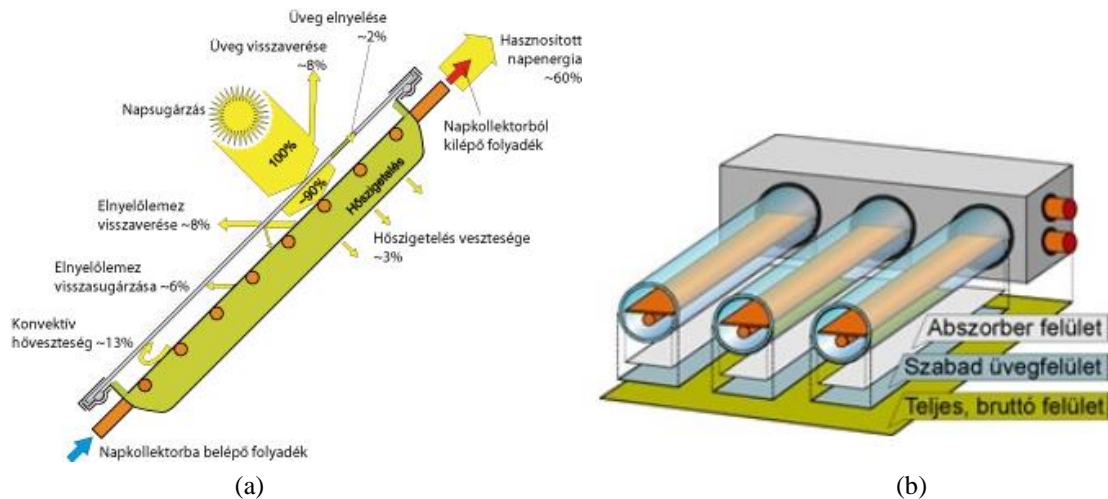
A napenergia direkt és indirekt módon történő hasznosítási lehetőségei:

- használati melegvíz előállítása (napkollektor): síkkollektorok, vákuumcsöves kollektorok alkalmazásával
- egyedi fejlesztésű és alkalmazású kollektorok (pl. kombinált napelem/napkollektor)
- fűtés-rásegítés (napkollektor)
- villamos energia termelése (napelem) – lakossági és ipari felhasználás
- fókuszált, magas hőmérsékletű rendszerek (naphőerőművek)

2.2. A napkollektorok felépítése és működési elve

A síkcsöves napkollektorok esetén a kollektorok teljes felületét éri a napsugárzás, ami a szegéllyel, valamint az abszorber és a ház közötti légréteg méretével nagyobb, mint az elnyelő felület. Ennek következtében a kollektor abszorber felületének környezete is felmelegszik. Ezen kívül számolni kell még a napsugárzás visszaverődéséből adódó veszteséggel is. A síkkollektorokban az optikailag hasznosítható napsugárzás az abszorberen nyelődik el. Síkkollektorok esetén az optikai hatásfok 70% felett van (egyes típusoknál elérheti a 90%-ot is).

A vákuumcsöves napkollektorok abszorber felületét a belső cső falán lévő fekete bevonat napsugárzás felé néző felülete jelenti. A jobb felületkihasználás érdekében sokszor alkalmaznak a csövek mögé helyezett reflexiós lemezeket. A vákuumcsöves napkollektorokban jelentős veszteség keletkezik a cső falán eltérülő napsugarak következtében. A csövek egymás mellett viszonylag nagy távolságban helyezkednek el, ebből adódóan a vákuumcsöves napkollektorok optikai hatásfoka gyártótól függően 50-70% között változó.



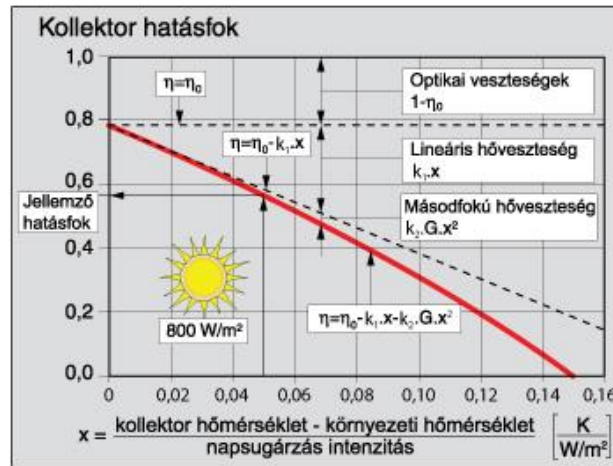
1. ábra: Síkcsöves napkollektor felépítése és energiamérlege (a) és vákuumcsöves napkollektor felépítése (b) [3]

2.3. A napkollektorok hatásfoka

A napkollektor hatásfokát a hasznosított hőmennyiség ($Q_{Haszn.}$) és a napkollektor hasznos felületére napsugárzás ($Q_{Koll_felület}$) útján érkező hőmennyiség hányadosa határozza meg:

$$\eta_{Kollektor} = \frac{Q_{Hasz.}}{Q_{Koll_felület}} \quad (1)$$

A geometriai felépítésen kívül a hatásfokot befolyásoló másik tényező a *hővesztés*. Síkkollektorok esetén hővesztés keletkezik az abszorber felületen, illetve a ház és az abszorberfelület közötti szigetelésen keresztül. Vákuumcsöves napkollektorok esetén a veszteség lényegesen kisebb (légüres térben nincs hőszállító közeg). A hővesztés mértékének változása miatt a napkollektorok hatásfoka nem állandó, pillanatnyi értéke függ a napsugárzás intenzitásától, valamint a napkollektor és környezete hőmérsékletétől.



2. ábra: Napkollektor tipikus hatásfok görbéje

Annak érdekében, hogy a napkollektorok hatásfok értékeik alapján minősíthetők és összehasonlíthatók legyenek, a hatásfokgörbe egy jellegzetes üzemmódra vonatkozó pontját szokás megadni jellemző hatásfokként. Ez az üzemmód megállapodás szerint 800 W/m^2 értékű napsugárzásnál, és $\Delta T = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ napkollektor és környezeti hőmérsékletkülönbségnél van. Ekkor a kollektor hatásfok megadásánál a környezeti feltételek hatásának tekintetbe vételére bevezetett „ $x = (\text{kollektor hőmérséklet} - \text{környezeti hőmérséklet}) / (\text{napsugárzás intenzitás})$ ” korrekciós paraméter értéke $x = 40 / 800 = 0,05$.

Egy tipikus szelektív síkkollektor hatásfokgörbéje a 2. ábrán látható.

A napkollektor 100%-nál mindig kisebb hatásfoka azt a tényt fejezi ki, hogy a napkollektor a felületére érkező napsugárzásnak csupán egy bizonyos hányadát alakítja át hasznos hőenergiává. Hasznosított hőenergiának (átlagértéke a kollektor felületére érkező napsugárzás energiájának 20-80%-a között mozog) azt az energiamennyiséget nevezzük, amelyet a hőhordozó közeggel elvezetünk a napkollektorból. A napkollektorok hatásfokát az alábbi, a nemzetközi szabványok által elfogadott, összefüggés szerint szokás megadni:

$$\eta = \eta_0 - \frac{a_1 \Delta T}{G} - \frac{a_2 (\Delta T)^2}{G} \quad (2)$$

- η : a napkollektor hatásfoka,
- η_0 : a napkollektor optikai hatásfoka,
- a_1 : az elsőfokú hőveszteségi együttható, $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$
- a_2 : a másodfokú hőveszteségi együttható, $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^2)]$
- ΔT : hőmérsékletkülönbség $\Delta T = (t_{\text{kollektor}} - t_{\text{levegő}})$ [K]
- $t_{\text{kollektor}}$: napkollektor közepes hőmérséklete $t_{\text{kollektor}} = (t_{\text{ki}} + t_{\text{be}})/2$ [K]
- t_{ki} : a napkollektorból kilépő közeg hőmérséklete [K]
- t_{be} : a napkollektorba belépő közeg hőmérséklete [K]
- $t_{\text{levegő}}$: a környezeti levegő hőmérséklete [K]
- G : a napkollektor felületére érkező globális napsugárzás $[\text{W}/\text{m}^2]$

A hatásfokgörbét az $x = \Delta T / G$ [$\text{Km}^2/\text{W} = \text{°Cm}^2/\text{W}$] paraméter függvényében szokás ábrázolni, az alábbi képlet szerint:

$$\eta = \eta_0 - a_1 x - a_2 G x^2 \quad (3)$$

A környezeti feltételekkel korrigált reális kollektor hatásfok kiszámításához csatolni kell a napkollektor (pl. Solar Keymark) tanúsítási eljárása keretében elvégzett hőteljesítmény vizsgálatok eredményeit tanúsító iratokat. Ez alapján a kollektor hatásfokát meghatározó értékek:

Jelölés:	Mértékegység:
η_0	[-]
a_1	[$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]
a_2	[$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^2)$]

2.4. A napkollektorok gyakorlati alkalmazása és mérés technikája

A napkollektoros rendszerek hatásfoka mellett azok energiahozama (pl. éves energiahozam) talán még a hatásfoknál is fontosabb paraméter, ami egy megfelelő felügyeleti rendszer segítségével maximalizálható. Napjainkban, ahogy a használati meleg víz (HMV) rendszerek vezérlésében, úgy a napkollektoros rendszerek esetében is széles körben elterjedtek a digitális vezérlőegységek.

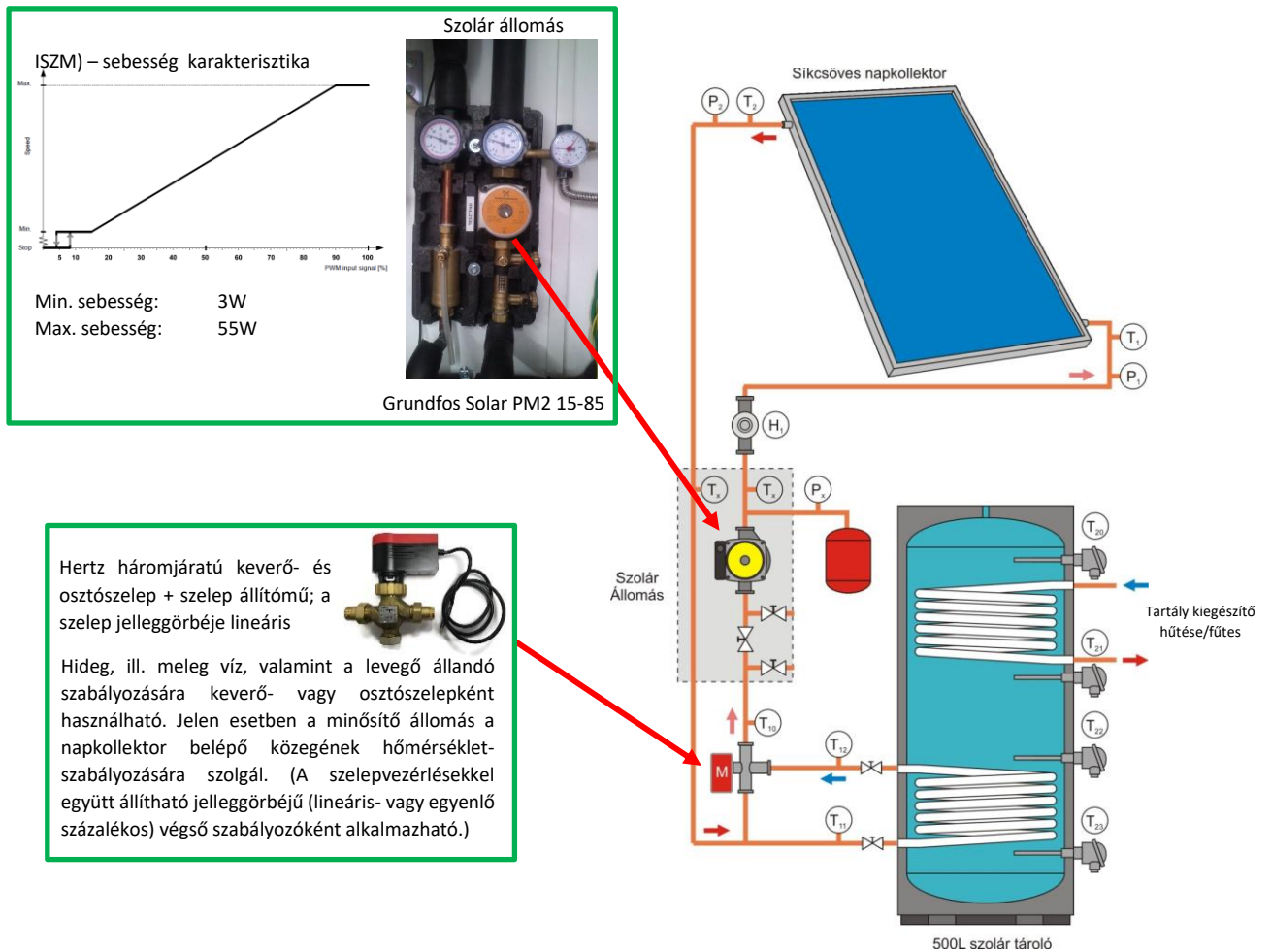
Ezek nagybonyolultságú rendszerek vezérlésére, azaz sok be- és kimenet adat kezelésére is alkalmasak, valamint számos paraméter mérésére, azok tárolására és továbbítására is képesek. A projekt keretén belül kidolgozásra került egy olyan komplex mérő- és adatgyűjtő rendszer, amellyel a napkollektorok hagyományos szabályozási lehetőségei mellett lehetséges olyan egyedi konfigurációk beállítása is, amelyeket nem tartalmaznak a mai digitális szabályzók. A kifejlesztett többfunkciós mérőrendszerrel lehetőség nyílik különböző mérések elvégzése mellett az egyes kollektor konfigurációk által megtermelt hőenergia értékek és a megtermelt hőenergia időbeli eloszlásának vizsgálatára is.

A minősítő- (és egyben felügyeleti) rendszer a következő paraméterek kezelésére lesz képes az összes napkollektor esetében:

- a be- és kilépő hőmérsékletek mérése
- a be- és kilépési pontokon a nyomás mérése
- tömegáram- és hőmennyiségmérők vezérlése
- nagy felbontóképességű IR kamera rendszerbe kapcsolása
- tájolási pozíciók rögzítése

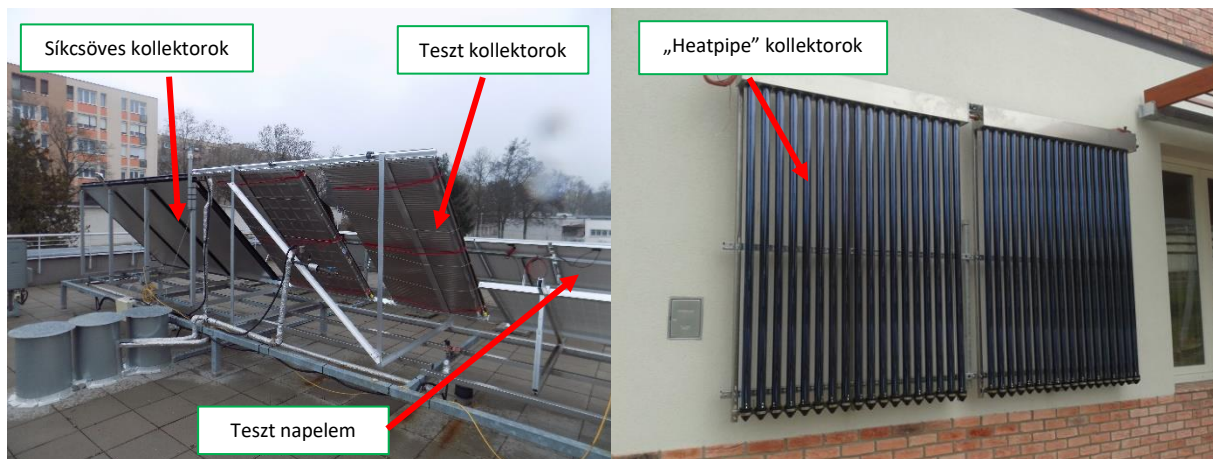
- a kollektorok felületi- és belső hőmérsékletének regisztrálása
- a globális és a szórt sugárzás mérése
- szélesség mérése (pillanatnyi- és átlagérték)
- a tartály hőmérsékletek mérése
- a szivattyúk villamos teljesítményének mérése (Grundfos Eco)
- a (váltó)szelepek vezérlése

Egy napkollektoros kör elrendezését mutatja a 3. ábra.



3. ábra: A napkollektoros kör és a mérőrendszer elvi blokkvázlata

Több azonos, a 3. ábrán látható mérőkör segítségével valós körülmények között összehasonlítható az egyes napkollektorok által elérhető energiahozam. A 4. ábra mutatja a különböző mérőkörökhöz tartozó napkollektorokat (Síkcsöves: NIBE FL215, Teszt: TS 300). A napkollektorok tartó- és pozicionáló szerkezeteinek kiépítése mellett kialakításra került egy, a napelemek jellemzőinek mérésére (energiahozam- és karakterisztika mérés) alkalmas mérőállomás, amellyel azonos környezeti feltételek mellett határozhatóak meg a különböző műszaki kialakítású napkollektorok jellemzői ill. a teljes hasznosított energia mennyiségek.

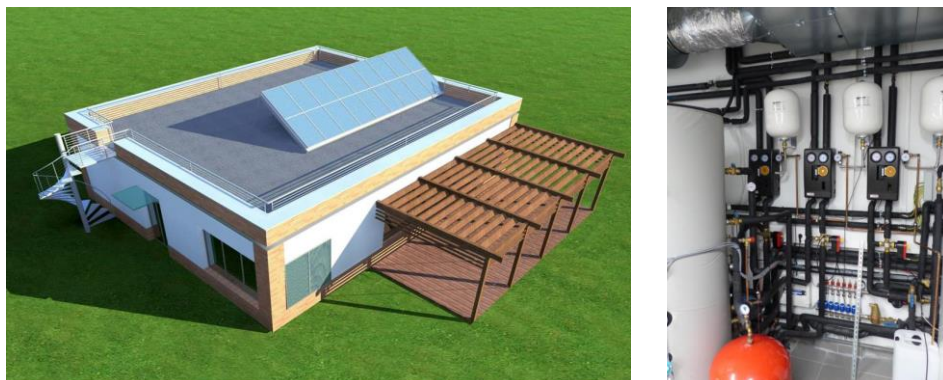


4. ábra: Síkcöves- (a bal oldalon) és heatpipe (vákuumcsöves) rendszerű (a jobb oldalon) napkollektorok a tatabányai Edutus Egyetem Passzív Házán

A minősítő- és értékelő rendszer kifejlesztése során kiemelkedő fontosságú volt az akkreditált és kijelölt tanúsító intézmények (DIN CERTICO; ICIM; EL0T; KIWA-Gastec, Solar keymark) tanúsítványainak és adatlapjainak előzetes és részletes tanulmányozása. A dokumentálásra a vonatkozó MSZ EN 12975-2:2006 sz. vizsgálati szabvány irányadó.

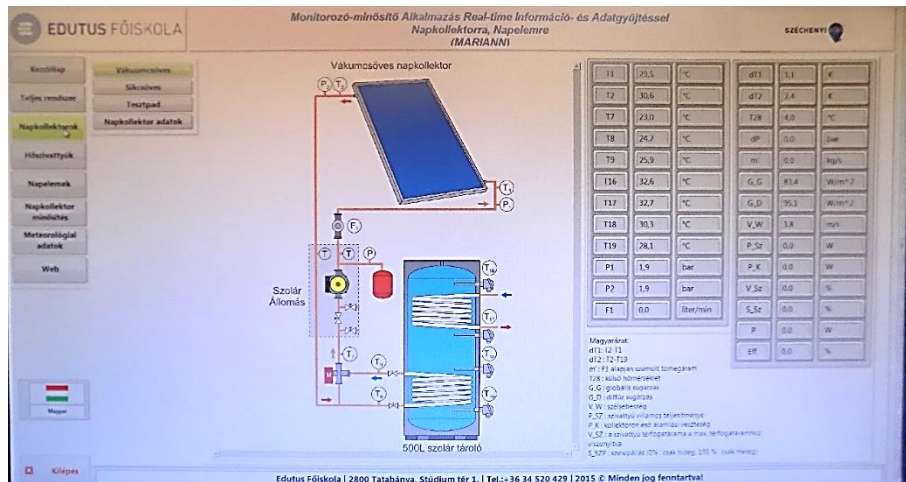
3. A napkollektorok energetikai hozamának összehasonlítása

Az EDUTUS Egyetemen kialakított Passzív Ház kettős céllal került kialakításra: (1) a korszerű energiahatékony építészeti és különböző megújuló energiaforrásokat hasznosító rendszerrel felszerelt épületek bemutatása (bemutatóterem funkció) (2) a különböző megújuló energiaforrásokat hasznosító rendszerek vizsgálata (kutatása) azok minél korszerűbb üzemeltetése céljából. Az épület több alternatív energiaforrást hasznosító rendszerrel rendelkezik, melyek úgy lettek kialakítva, hogy a kutatási céloknak megfelelően könnyen módosítható és bemutatható legyen. Az 5. ábra mutatja a komplex épületgépészeti rendszert.



5. ábra: Tatabánya, Edutus Egyetem Passzív Ház [4]

Az 6. ábrán látható a Monitorozó-minősítő Alkalmazás Real-Time Információ- és Adatgyűjtés Napkollektorra, Napelemre (MARIANN) komplex mérő- és adatgyűjtő szoftver kezelőfelülete. [4] A MARIANN programcsomag több szoftvert foglal magába, amelyek segítségével megvalósítható a Passzív Ház teljes monitorozása, a mért adatok web-es felületen való megjelenítése és a különböző típusú és felépítésű napkollektorok minősítése. A napkollektorok minősítése elsősorban azok pillanatnyi- illetve adott időtartamra vonatkoztatott energiahozama alapján készíthető el.



6. ábra: A MARIANN mérőrendszer kezelőfelülete (Tatabánya, Edutus Egyetem Passzív Ház) [4]

A rendszer jelenleg 63 fizikai jellemzőt mér (fejlesztés alatt) közvetlenül, ezen felül további 29 jellemzőt olvas ki a meteorológiai állomásból 1 másodperces mintavételi idővel. Továbbfejlesztési lehetőségként a főprogramban a közeljövőben kialakításra kerül egy adatkommunikációs csatorna a házban felszerelt hőszivattyúkkal történő kommunikációra. Azokat az input- illetve output adatokat, melyeket a rendszer kezel az 7. ábra foglalja össze.

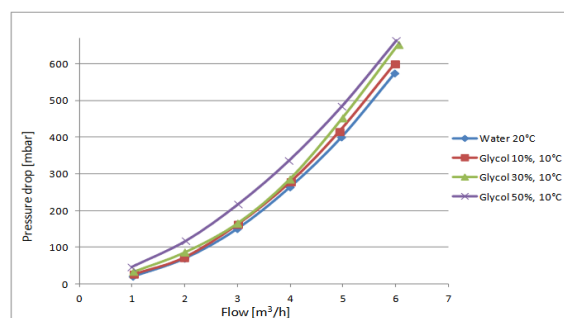
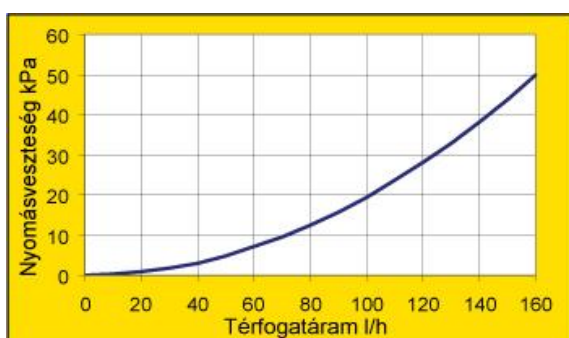
BEMENETEK	Hőmérséklet [Ω] (RTD)	Nyomás [bar] (mA)	Térfogatáram [m³/h] (mA)	Hőmennyiség [J] (m-bus)	Besugárzás [W/m²] (mA)	Szélesség [m/s] (mA)	Keverő szelep [mm] (2-10 V)	DAQ kártya / mérőkör [db]
Első mérőkör (Vákuum cső) [db]	11	2	2				1	
DAQ kártya	3	1	1				1	6
Második mérőkör (Síkcső) [db]	9	2	1				1	
DAQ kártya	3	1	1				1	6
Harmadik mérőkör (Tesztpad) [db]	9	2	1				1	
DAQ kártya	3	1	1				1	6
Globális [db]	13	0	4	1	2	1		
DAQ kártya	5		1	1	1	1		9
Összesen:	42	6	8	1	2	1	3	63

7. ábra: A felügyeleti program által közvetlenül mért fizikai jellemzők mennyiségei

3.1. Az áramlási paraméterek vizsgálata

Mivel a napkollektorokban folyamatosan áramoltatott hőtovábbító közeg (pl. 40/60% arányú propilén-glikol/víz folyadék halmazállapotú keveréke) szállítja a hőt, ezért az áramlási paraméterek jelentősen befolyásolhatják a napkollektorok teljesítményét, rendszer hatásfokát.

A 8. ábra a TS 300M napkollektor nyomásvesztését mutatja. Az ábra jól érzékelteti, hogy a növekvő térfogatáram okozta nyomásvesztés jelentősen növelheti a szivattyúzási teljesítményigényt. A hasznosított energia és az annak elszállításához (kollektor -> tartály) szükséges segédenergia aránya alapján meghatározható egy optimális térfogatáram. Ennek az optimumnak az értéke viszont folyamatosan változhat a környezeti feltételektől függően, ami valós idejű optimalizációt igényel.



8. ábra: TS 300M napkollektor nyomásvesztés görbéje (bal) és Nyomásesés összehasonlítása víz 20°C-on és 10%,30% és 50% glikol 10°C-on [5]

A kollektorok nyomásesése az alábbi Δp összefüggés alapján számolható [6]:

$$\Delta p = \underbrace{f \frac{\rho V^2}{2} \frac{\Delta l}{d}}_1 + \underbrace{k \frac{\rho V^2}{2}}_2 \quad (3) \quad \text{(White, 2003)} \quad (4)$$

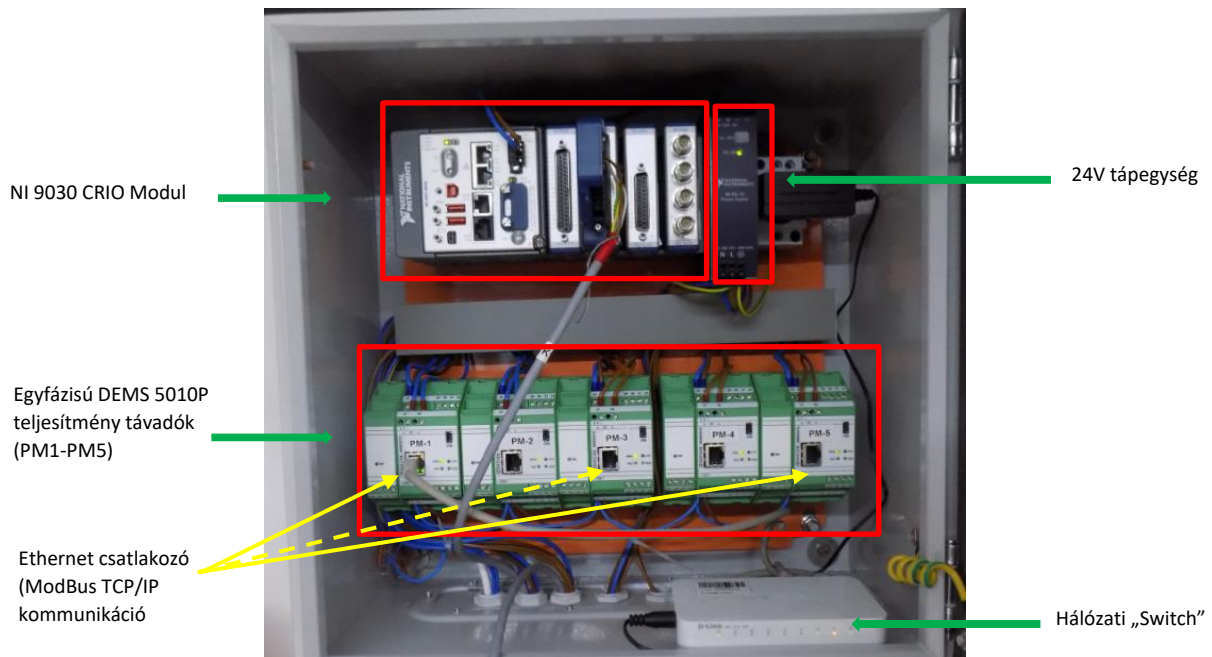
További részletesebb számítások a [6] referenciában.

4. Komplex energiafelügyelet – a MARIANN rendszer bővítése

A napkollektorok alapvetően hőenergiát termelnek, és a napkollektorok hatásfoka meghatározza az eszköz energiatermelő "képességét", de ezt csupán a pillanatnyi hőenergia-termelésére fókuszálva teszi. A teljes rendszer energiaegyenlegének vizsgálata során figyelembe kell venni azt is, hogy maguk a napkollektoros rendszerek is használnak segéd villamos energiával működő eszközöket, például szivattyút. Ezen segédberendezések energiafelvétele csökkenti a teljes rendszerhatásfokot.

Az EFOP 3.6.1-16 pályázat keretén belül kidolgozásra került egy, a rendszerhez kapcsolódó villamos fogyasztók paramétereinek mérésére alkalmas vezérlő- és mérő elektronika is (9.

ábra). Ezt az elektronikai modult a MARIANN programba integrálva lehetőség nyílik a napkollektor- és napelem vizsgáló állomás mellett olyan komplex energiahálózat kiépítésére, amelyben az épületen belüli termikus hőforrások (pl. a napkollektorokból származó hőenergia) mellett egyes villamos energiatermelők (pl. napelemek) vagy fogyasztók (pl. szolár szivattyúk), és az azokhoz kapcsolódó fogyasztók paraméterei együttesen mérhetők és kezelhetők.



9. ábra: Digitális teljesítménymérő modulok (a csatlakozási- és mérőpontok kialakítása)

Az NI 9030 CRIO egység a rendszerhez kapcsolódó és az onnan érkező jeleket (mért vagy beavatkozó jelek) dolgozza fel.

A DEMS 5010P egységek teljesítmény távadó modulok, amelyek saját mérőáramkörrel, A/D konverzióval és mikrovezérlős adatfeldolgozó egységgel rendelkeznek. Az adatok (pl. teljesítmény értékek) 1 s mintavételi idővel olvashatóak ki ethernet modbus TCP/IP kommunikációs felületen keresztül. A távadó modulok egyik konfigurációs lehetősége szerint a modulok 2 db analóg kimenetéhez hozzárendelhetők különböző mért bemeneti paraméterek. Ezzel a megoldással a fontosságuknál fogva kiemelt jelentőségű, és ezért hozzárendelésre kijelölt paraméterek mérése jobb dinamikai paraméterekkel (nagyobb felbontással) rendelkezhet. A programban széleskörűbb (kutatósi) alkalmazási szempontból az adatok több csatornán történő kiolvasása is támogatott. Az egyes paraméterekhez komparációs pontok (pl. limitek, határértékek) állíthatók be, amely megoldás révén beavatkozó egysége (pl. relék) működtethetők. Ez rendkívül hasznos funkció lehet például túláramok mérése/érzékelése céljából.

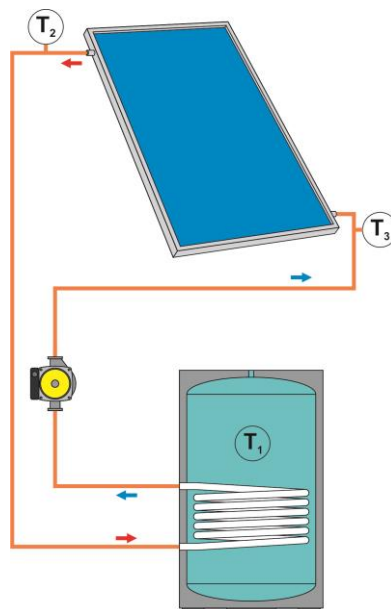
A napkollektoros rendszerek egyik legjelentősebb villamos energiát használó eszköze a szivattyú. A szivattyúk be/kikapcsolását alapvetően a napkollektoros szabályozók végzik ezért a különböző szabályozási stratégiák alapvetően befolyásolják a felvett szivattyú teljesítményt. Ezzel párhuzamosan a szivattyú hatással van az egyes áramlási jelenségekre is, így segítségével az áramlási paraméterek vizsgálhatóak. A mai korszerű szivattyúkat kétféle üzemmódban szokás üzemeltetni: (1) be/kikapcsolás (a szivattyú csak a beállított fokozaton üzemel, ha be van kapcsolva) (2) fordulatszám szabályozott ún. szolár szivattyú, amely működését a 5 fejezet mutatja be

5. A napkollektoros rendszerek szabályozása

A modern mikrovezérlő alapú szabályozóknak köszönhetően napjainkban egyre bonyolultabb szabályozások valósíthatóak meg a napkollektoros- és napelemes szabályozó egységekkel. Ebben a fejezetben elsősorban néhány olyan szabályozási elv kerül bemutatásra, amelyek hatással lehetnek a szolár szivattyú teljesítmény-felvételére, vagy az áramlási viszonyokra.

5.1. Szabályozás keverőszelep nélkül

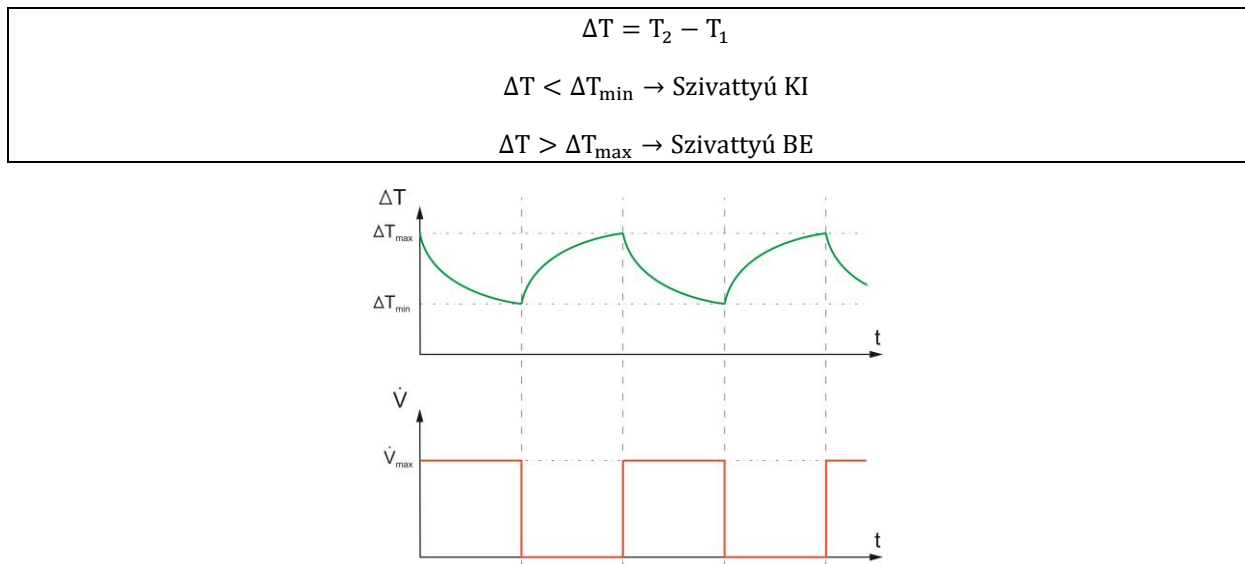
A 10. ábra egy alap kiépítésű napkollektoros összeállítást mutat., Itt a szivattyú a legfontosabb beavatkozó szerv (aktuátor), és a vezérlő egység a mért hőmérséklet (differencia hőmérséklet) értéke alapján működteti a szolár szivattyút a következő lehetséges elvek szerint:



10. ábra: –Napkollektoros kör (egyéb kiegészítő eszközök, pl. szelepek, nélkül)

Szabályozás differencia hőmérsékletre, állandó térfogatárammal:

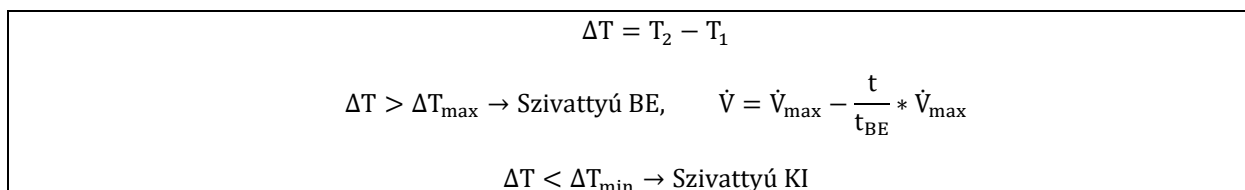
Ha a differencia hőmérséklet – a kollektor- és a tartály hőmérsékletének különbsége – ΔT_{\max} fölé nő, akkor a szivattyú bekapcsol, maximális fordulatszámon üzemel, és mindaddig bekapcsolva marad, amíg a differencia hőmérséklet a ΔT_{\min} küszöbérték alá nem csökken. A szivattyú ekkor kikapcsol. (ΔT_{\max} és ΔT_{\min} a szabályozásra jellemző paraméterek (11. ábra)):



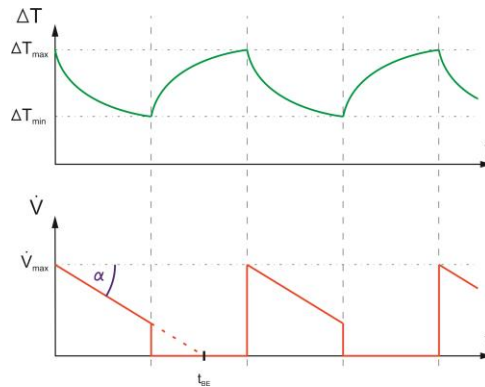
11. ábra: – Differencia hőm. szabályozás, állandó térfogatárammal

Szabályozás differencia hőmérsékletre, lineárisan változó térfogatárammal:

Ha a differencia hőmérséklet ΔT_{\max} fölé emelkedik, a szivattyú bekapcsol, fordulatszáma \dot{V}_{\max} -ról indulva időben lineárisan csökken. Ha a tartály hőmérséklete, és így a differencia hőmérséklet a ΔT_{\min} küszöbérték alá csökken, a szivattyú kikapcsol. (ΔT_{\max} és ΔT_{\min} a szabályozásra jellemző paraméterek (12. ábra)):



Ezzel a módszerrel a szivattyúzásra fordítandó teljesítményt csökkenthetjük.



12. ábra: – Differencia hőm. szabályozás, lin. változó térfogatárammal

Szabályozás differencia hőmérsékletre, arányosan változó térfogatárammal:

Az előző módszerrel az a probléma, hogy α értékét nehéz meghatározni. A szivattyú fordulatszámát ezért érdemes a következőképp szabályozni:

Ha a differencia hőmérséklet ΔT_{\max} fölé nő, a szivattyú bekapcsol, fordulatszáma \dot{V}_{\max} -ról indulva a differencia hőmérséklettel arányosan csökken. Ha a differencia hőmérséklet a ΔT_{\min} küszöbérték alá csökken, a szivattyú kikapcsol. (ΔT_{\max} és ΔT_{\min} a szabályozásra jellemző paraméterek.)

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

$$\Delta T > \Delta T_{\max} \rightarrow \text{Szivattyú BE,} \quad \dot{V} = \dot{V}_{\max} \frac{\Delta T}{\Delta T_{\max}}$$

$$\Delta T < \Delta T_{\min} \rightarrow \text{Szivattyú KI}$$

A szivattyú kikapcsolás határpontban, térfogatárammal:

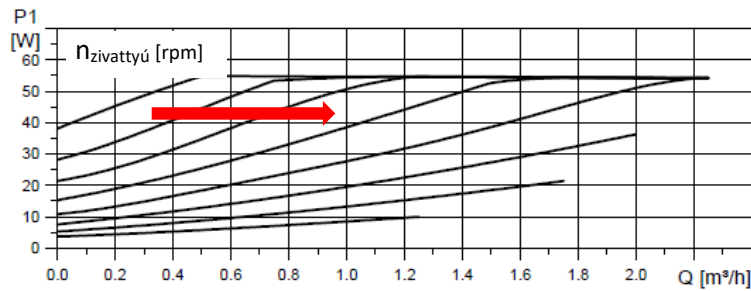
A 3-as módszer esetében, ha a szivattyút csak ΔT_{\min} elérésekor kapcsoljuk ki, akkor előfordulhat, hogy lesz egy olyan időszakasz, amikor a szivattyú teljesítményigénye nagyobb, mint a kollektor által megtermelt teljesítmény, tehát a rendszer energetikailag veszteséges. Ezt úgy küszöbölhetjük ki, hogy a két teljesítmény megegyezése esetén kikapcsoljuk a szivattyút.

$$\Delta T = T_2 - T_3$$

$$P_{\text{kollektor}} = c * m * \Delta T$$

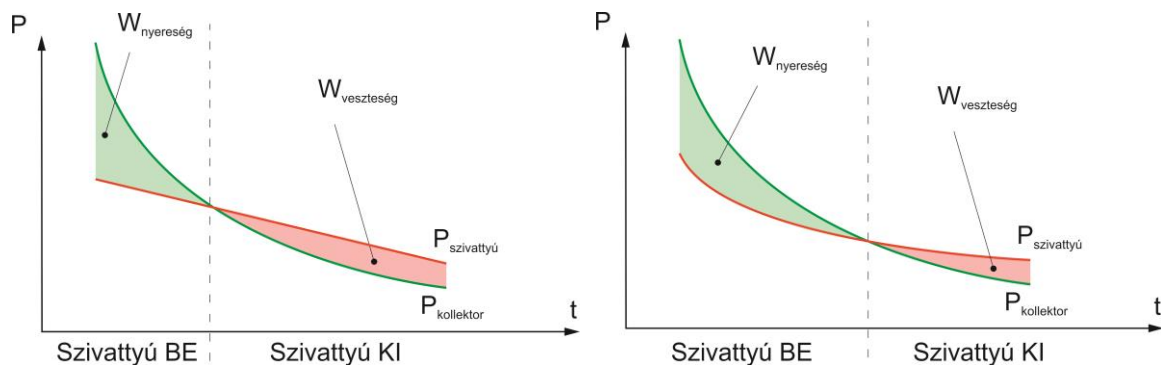
$$P_{\text{kollektor}} < P_{\text{szivattyú}} \rightarrow \text{Szivattyú KI, tehát}$$

$$\Delta T < \frac{P_{\text{szivattyú}}}{c * m} \rightarrow \text{Szivattyú KI}$$



12. ábra: A szivattyú teljesítményigényének és térfogatáramának kapcsolata a szivattyú fordulatszámmal parametrizálva

A szivattyú teljesítményigénye tehát a fordulatszámmal, a kollektor teljesítménye pedig a hőmérséklet változásának sebességével arányos. Így a lineáris- és a hőmérsékletkülönbséggel arányos szivattyú fordulatszám-szabályozás eseteire a következő teljesítménydiagramokat kapjuk:



13. ábra: – Lineáris (bal oldali ábra) és arányos (jobb oldali ábra) szabályozás esete

A 13. ábrán látható, hogy határpont – ahol a szivattyú kikapcsol – időben eltolódhat attól függően, hogy milyen a napkollektor és szivattyú teljesítményének viszonya.

Két esetet különböztethetünk meg:

- A. $P_{\text{kollektor}} \gg P_{\text{szivattyú}}$ esetén a szivattyúzási teljesítmény, azaz az általános (mind a kezdeti-, mind a lekapcsolási) szivattyú fordulatszám csökkentés növeli az eredő rendszer hatásfokot, általánosságban csökkentve a működéshez szükséges segédenergiát
- B. $P_{\text{kollektor}} \geq P_{\text{szivattyú}}$ esetén (a kollektor aktuális teljesítménye összemérhető a szivattyúzási teljesítménnyel) a kikapcsolási határpont időben akkor tolható el a minél hosszabb nyereséges rendszerhatásfok irányába, ha nemlineáris fordulatszám-szabályozást, azaz impulzuszélesség modulációt (ISZM) alkalmazunk a szivattyú fordulatszámmának változtatására.

5.2. Szabályozás keverőszeleppel

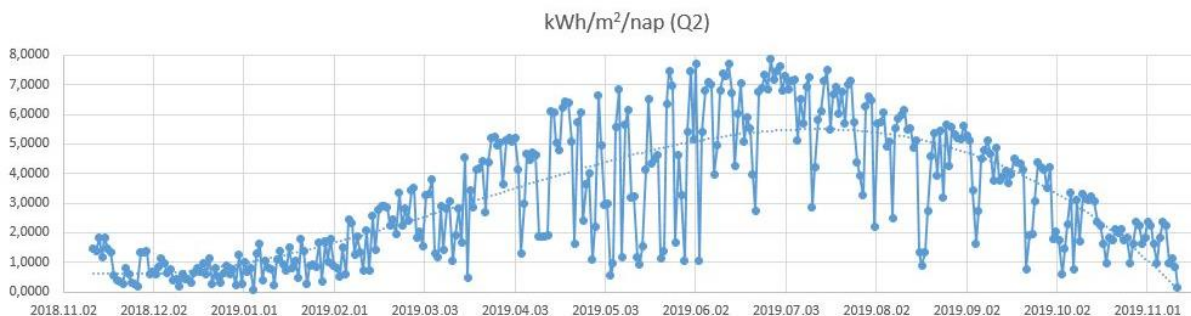
Keverőszelep alkalmazása (3. ábra) számos új funkciót biztosít a szabályozás területén, amely egyelőre elsősorban kutatás-fejlesztési célokat szolgál - köszönhetően a keverőszelep pillanatnyilag magas járulékos költségének.

Új funkciók keverőszelep alkalmazása esetén:

- bypass (elkerülő) funkció
- a napkollektor előre menő (a kollektorba belépő) hőtovábbító közeg hőmérsékletének beállítása kettős céllal: (1) védelmi funkció, azaz a túlságosan magas (stagnálási) hőmérséklet fellépésének megakadályozása érdekében, illetve (2) a napkollektor energiahozamának optimalizálása (a felmelegítendő közeg hőmérsékletének optimális beállítása a napsugárzás aktuális értéke és/vagy a külső levegőhőmérséklet alapján)

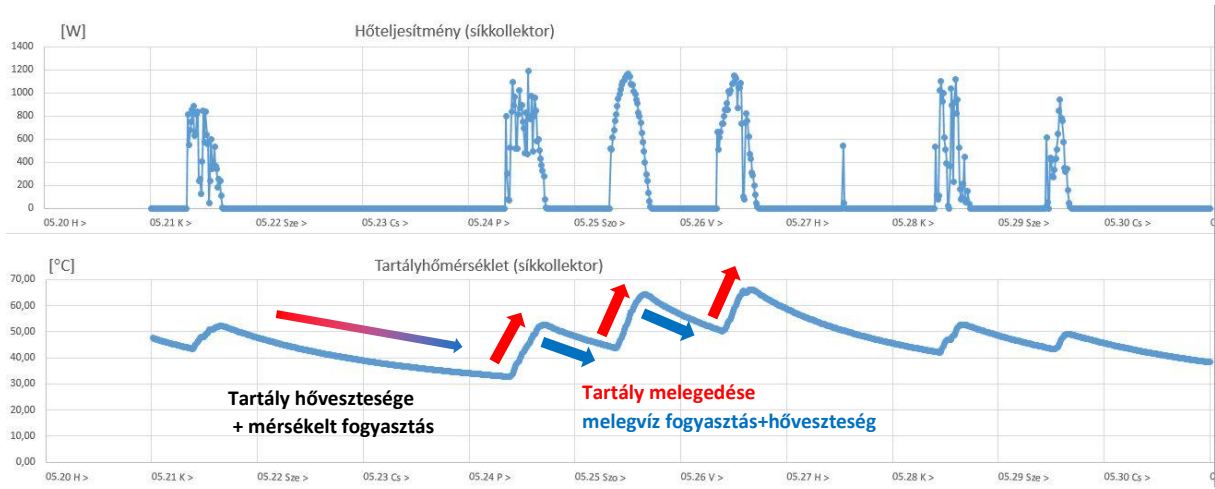
6. Mérési eredmények

A cikkben bemutatott napkollektorok vizsgálatára (minősítésére) kifejlesztett mérő- és adatgyűjtő rendszer mérési eredményeinek feldolgozása jelenleg is folyamatban van. A jelenlegi kiértékelési szempontokat figyelembe véve a rendszer 1 s mintavételezési ideje nem indokolt termikus rendszerekben azok nagy (termikus) időállandóinak köszönhetően. A későbbiekben azonban a tranziens folyamatok (pl. az előre menő napkollektor körüli ág szabályozása) minél részletesebb kiértékelési szempontjait tekintve szükséges lehet az 1 s mintavételi sebesség. Éves szinten ez nagyon sok mért adatot jelent, aminek feldolgozására egy adatszűrő algoritmus áll fejlesztés alatt. Az algoritmus segítségével időtartományban rugalmasan feldolgozhatóak lesznek a mérési adatok. A 14. ábra megközelítőleg egy éves mért sugárzási adatsort mutat. Látható, hogy a görbe követi a sugárzási adatok időszakos ingadozását (nyár-tél), és a felhős napok okozta teljesítményingadozás is jól nyomon követhető.



14. ábra: A teljes (globál) napsugárzás mérő érzékelő által mért értékek: 2018.11 – 2019.11

A 15. ábrán azt mutatjuk meg, hogy a napkollektor által leadott teljesítmény a jelenlegi kiépítésben milyen sebességgel képes melegíteni a HMV tárolót.



15. ábra: Síkcsoves napkollektor leadott hőteljesítményének hatása a kollektor hőmérsékletére

Felhasznált irodalom

- [1] Dr. Nemcsics Ákos: A napelem és fejlesztési perspektívái. Budapest, Magyarország, Akadémiai Kiadó 2001
- [2] Húsvéth Rita: A napenergia hasznosítás családi házakban, Eötvös Lóránd Tudományegyetem, Budapest, szakdolgozat 2007
- [3] Naplopo Kft: <http://www.naplopo.hu/tudastar/szakcikkeink-hasznos-irasaink/29-a-napkollektorokkal-%20%20hasznosithato-napenergia-mennyisege>
- [4] Szabó Béla Gábor, Raj Levente, Valenta László, Varga Zoltán: Napkollektor minősítőrendszer. Gépgyártás célszám: TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0075
- [5] "Quality Assurance in solar thermal heating and cooling technology" Source: http://www.estif.org/solarkeymarknew/images/downloads/QAiST/qaist%20d2.2_r2.13%20pressure%20drop.pdf
- [6] Frank White: Fluid Mechanics 3rd Edition, 1994