



BOLYAI FARKAS ÁLTAL TERVEZETT ÖNTÖTTVAS KEMENCE TANULMÁNYOZÁSA

STUDY OF A CAST IRON STOVE DESIGNED BY FARKAS BOLYAI

Pásztor Judit,¹ Szócs Krisztina,² Csegedi Ferenc-József,³ Márton Botond⁴

¹ Sapientia EMTE, Marosvásárhelyi Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Marosvásárhely, Románia, jjudit@ms.sapientia.ro

² Sapientia EMTE, Marosvásárhelyi Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Marosvásárhely, Románia, szocs.krisztina@student.ms.sapientia.ro

³ Sapientia EMTE, Marosvásárhelyi Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Marosvásárhely, Románia, csegedi.ferencz@student.ms.sapientia.ro

⁴ Sapientia EMTE, Marosvásárhelyi Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Marosvásárhely, Románia, marton.botond@student.ms.sapientia.ro

Abstract

Farkas Bolyai is known among mathematicians. However, he was also interested in the design and construction of stoves and ovens. In our paper we study a cast iron stove designed by Farkas Bolyai, based on a specimen found in the Museum Teleki Téka on Târgu-Mureș. Although the technical realization is nearly two hundred years old, the problem of inspiration is still a concern of our society today. We believe that, looking back, we can find answers, perhaps partial or complete solutions to the problem of the economical stove.

Keywords: oven, stove, thermal energy saving, Farkas Bolyai.

Összefoglalás

Bolyai Farkas neve a matematikusok körében ismert. Azonban kályhák, kemencék tervezése és építése is foglalkoztatta. Dolgozatunkban a Bolyai Farkas által tervezett öntöttvas kemencét tanulmányozzuk a Teleki Tékában található mintadarab alapján. Bár közel kétszáz éves műszaki megvalósításról van szó, az ihlető probléma mind a mai napig foglalkoztatja a társadalmunkat. Úgy gondoljuk, visszatekintve, válaszokat találhatunk, esetleg rész- vagy egész megoldást a takarékos tűzhely problémájára.

Kulcsszavak: kemence, kályha, hőenergia, takarékoság, Bolyai Farkas.

1. Az öntöttvas kemence/kályha bemutatása

Bolyai Farkast (1775–1856) is foglalkoztatta a gazdaságos fűtés, energiafelhasználás. Marosvásárhelyen, a Teleki Téka Bolyai termében fellelhető egy cserépkályha és egy öntöttvas kályha, amelyek tervezése és építése az ő nevéhez kötődik. Az öntöttvas kályha alakja, kialakítása különleges, története érdekes. A meglepő tudású szakember iránti tiszteletünket munkássága szakmai értékelésével fejezhetjük ki [1, 2, 3]. Így dolgozatunkban

a Bolyai Farkas által tervezett öntöttvas kályhát tanulmányozzuk.

Bolyai a Kemence-tan kéziratban a tüzelőberendezéseket kemencének nevezte, a pontosítást a hozzáfűzött jelzők segítségével oldotta meg. Írt melegítőkemencékről, főzőkemencékről és sütőkemencékről, azaz kályhákrol, tűzhelyekről és kemencékről [1].

A tanulmányozandó tüzelőberendezés melegítésre szolgált, így továbbiakban nevezhető kályhának. A címben szereplő „kemence” megnevezés tisztelgés az alkotó tudós előtt.

Bolyai a Kemence-tanban fogalmazta meg a kályhák iránti elvárásait: „A tűznek mindenik használatában megkívántatik: Hogy füstölés és gőz nélkül minél célszerűbb legyen; Az égőnek s kemence költségnek lehető megkímélése; A tűz könnyű tétele.

A szoba melegítésben megkívántatik az első négy ponton kívül még: Hogy a meleg a földig terjedjen fűtő sugárzás alkalmatlansága nélkül; Hogy tartós legyen; Hogy a kivitt rossz lég helyébe friss jöjjön, nem hűtve; Hogy a külső a szobát ne dísztelenítse” [1].

A kályhát 1840-ben öntötték Vajdahunyadon, majd közel 150 évig állt szolgálatban Marosvásárhely különböző helyszínein, mielőtt a múzeumnak adományozták volna [1]. Felépítése az **1. ábrán** követhető.

A kályha kialakítása a fatakarékos fűtésre irányul. A tűztér a tüzelőanyag befogadását és elégetését biztosítja. Nem találtunk rostély alkalmazására utaló jeleket. A tűztér feletti több fekvő kályhaelem dobozzerű, üreges, bennük füstjárat kígyózik. A kályhaelemek közti függőleges tagok a füstjárat kialakításában vesznek részt. A tekervényes járat jobb hatásfokkal hasznosítja a tüzelőanyagot. A kályhaelemek tetszés szerinti számban egymás fölé helyezve növelik a kályha fűtőképességét [3]. A füstjárat hosszát nyitható-zárható nyílással lehet változtatni, ezt Bolyai Farkas kurtitónak nevezte, **2. ábra**.

A füstgázvezető a II. és III. kályhaelem között található, **2. ábra**. A nyitott nyílás esetén könnyű a gyújtás, a zárt nyílás hosszabb füstutat, nagyobb fűtőfelületet, több hőleadást eredményez. A képen a zárt állapot figyelhető meg. A könnyű tisztítás érdekében a kályha elemekre szedhető. Az elemenként kialakított bordás tisztítónyílás-aj-

tók ezt tovább könnyítették. Az összeállítás utáni a füstmentességet agyaggal, a történet szerint szilvaízzel biztosították [1].

2. A Bolyai öntöttvas kályha vizsgálat

A mai korszerű fűtőrendszerek kialakítása és működése szorosan kapcsolódik a matematikai modellezéshez és mérések sorozatához [4, 5]. Ezen elvek és eszközök együttes alkalmazása lehetővé teszi a tervezők és mérnökök számára, hogy energiahatékony és optimalizált rendszereket hozzanak létre [6, 7].

Egy kályha méretezése a névleges teljesítmény, a hőtárolási idő, a maximális tüzelőanyag-mennyiség és az ennek megfelelő füstjárat alapján történik. Jellemzésére hatásfokot használnak [2].

Jelen esetben csak ellenőrizni, vizsgálni tudjuk a Bolyai Farkas által tervezett kályhát.

A vizsgálat módszere:

- a kályha méreteinek pontos meghatározása, testmodell készítése, a kályha típusának meghatározása;
- a tűztér vizsgálata;
- a füstjárat hossz számítása, vizsgálata;
- a füstgázok hőmérsékletének számítása;
- a kályha hatásfokának számítása;
- a kályhában zajló folyamatok Ansys programmal való modellezése és szemléltetése.

2.1. A kályha méretei, testmodellje, típusa

A kályha méreteit digitális tolómérce, mérőszalag és mikrométer segítségével határoztuk meg. Megfigyeltük, hogy a falak vastagsága nem egyenletes, amely a kiforratlan öntési technikával magyarázható. A modell pontossága érdekében több mérést végeztünk. Az adatok átlagait az **1. táblázatban** foglaltuk össze.



1. ábra. A tanulmányozott Bolyai-kályha felépítése



2. ábra. A füstgázvezető, kurtító zárt állapota

1. táblázat. A kályharészek méretei

Mért adatok átlagai (mm)	Tüztér	I. elem	II. elem	III. elem	IV. elem	V. elem	Füstjárat
Hosszúság	605	715	717	716	717	722	100
Szélesség	314	314	314	314	314	314	314
Magasság	322	124	122	123	10	119	75
Falvastagság	9,15	9	9,2	8,85	9	9,15	-

A mérési adatok alapján, Autodesk Inventor műszaki rajzolóprogrammal, elkészítettük a kályha térbeli modelljét, **3. ábra**.

A Bolyai Farkas által tervezett öntöttvas kályha szakaszos, szilárd tüzelésű, egyhjú, légrés nélküli tüzelőberendezés, [2].

A tüztér hasáb alakú, egyterű, fekvő elrendezésű. Az égési levegő bevezetése a tömör tüztérfenékre ajtón keresztül történik. Az égési levegő bevezetésének helye fontos a kályha hatékony működése szempontjából, ez 50 mm-rel a tüztérfenék síkja fölött kellene, hogy elhelyezkedjen, [2]. Ez a vizsgált kályha esetében nem állapítható meg pontosan, mert az ajtón utólagos átalakítás történt.

A hőtároló test, a kályhaelemek belsejében kialakított járatrendszer a tüztérből való kilépéstől a füstgáz kijáratig tart. A hosszabb járatszakaszok vízszintesek, így ez a kialakítás soros, vízszintes járatnak tekinthető [2].

2.2. A fűtőfelület és a tüztér vizsgálata

A kályha hőközlése összetett folyamat. A kályha járataiban áramló forró füstgáz átadja a hőt a kályhaelemek falának. Innen a hő elvezetődik



3. ábra. A Bolyai-kályha testmodellje

a hidegebb felület felé, amely hőátadással és sugárzással átadja a fűtendő tér levegőjének [1, 2]. A kályhák üzemére az állandó változás jellemző, [4]. A számítások egyszerűsítése érdekében néhány adatot mértékadónak fogad el a szakirodalom, amely évtizedes tapasztalatokra és szabványokra alapoz, [2].

A kályha A_k fűtőfelülete kiszámolható a mért adatok alapján. A fűtőfelület 1,01 m² nyitott füstelzáró esetén, és 2,3 m² zárt füstelzáró esetében.

A kályhába betehető maximális tüzelőanyag-mennyiség és a tüztér mérete közötti összefüggés, a közép-európai méretezési mód alapján és MSZ EN 15544 szabvány szerint, [2]:

$$A_{tmax} = \frac{900 \cdot m - (25 + m) \cdot K}{2} \text{ [cm}^2\text{]}, \quad (1)$$

ahol: A_{tmax} a maximális tüztérterület [cm²]; K a tüztér alapterülete [cm]; m a tüzelőanyag maximális tömege [kg].

Az (1) összefüggés alapján meghatározható adott méretű tüztérbe betehető maximális famennyiség:

$$m = \frac{2 A_t + 25 K}{900 - K} \text{ [kg]}. \quad (2)$$

Számolt érték $m=11,33$ kg.

Az Österreichischer Kachelofenverband kísérletei alapján alkotott szabvány tapasztalati összefüggése szerint számolt maximális famennyiség, [2]:

$$m = \frac{O_t}{900} \text{ [kg]}, \quad (3)$$

ahol: O_t a tüztér belső felülete, [cm²].

Az így számolt érték: $m=10,30$ kg.

2.3. A füstjárat hosszának számítása, vizsgálata

A szabványok 78%-os hatásfokú működéshez minimális füstjárathosszt határoznak meg. Ennek megfelelően a tüztérkilépésnél a füst hőmérséklete 550 °C és a minimális járathossz végén 240 °C lesz. A minimális füstjárathossz meghatározása egyhjú, légrés nélküli, soros járatú kályha esetén az alábbi empirikus összefüggéssel számolható [2]:

$$L_{jmin} = 1,3 \sqrt{m} \text{ [m]}, \quad (4)$$

ahol: m a tüztérbe betehető maximális famennyiség, [kg].

Számolt értéke: $L_{jmin} = 4,37$ m, ha $m = 11,33$ kg.
A kályha füstjáratának vizsgálatához megrajzoltuk a füstjárat nyomvonalát. A nyomvonalak a füstgázelzáró két helyzetében, a **4. ábrán** láthatók.

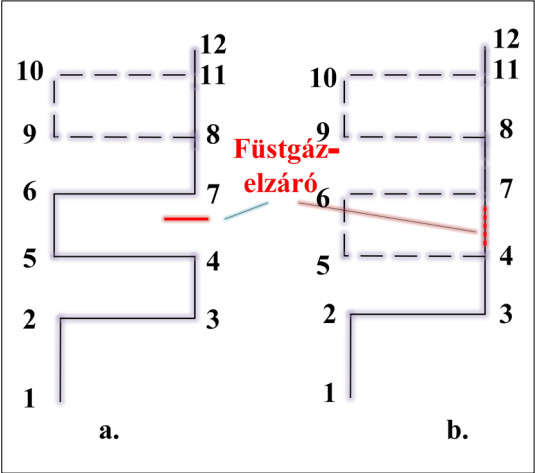
A nyomvonalak hosszainak számítása a **2. táblázat** adatai alapján történt.

A kályha füstjáratának hossza mindkét esetben kevesebb az adott tűzterület alapján elvárt minimális füstjárathossznál.

Ha a 8 és 11 pont között is lenne füstelzáró, akkor annak zárt állapota esetén a füstjárathossz közelítené az elvárt 4,37 m-t. Léteznek fényképek, amelyek a felső füstgázjáratban is elhelyezett füstelzáróra utalnak.

2. táblázat. A Bolyai-kályha füstjáratainak számítása

Hosszú füstjárat [mm]		Rövidfüstjárat [mm]	
Zárt füstelzáró		Nyitott füstelzáró	
1---2	298	1---2	298
2---3	615	2---3	615
3---4	197	3---4	197
4---5	617	4---7	198
5---6	198	7---8	195
6---7	593	8---11	194
7---8	195	11---12	134,5
8---11	194		
11---12	134,5		
$L_{j\text{ zárt }}$	3041,5	$L_{j\text{ nyitott }}$	1831,5



4. ábra. A füstjárat nyomvonala: a – Hosszú járat, zárt füstgáz-elzáró; a – Rövid járat, nyitott füstgáz-elzáró

2.4. A füstgáz hőmérsékletének számítása

A fa égése összetett folyamat, hőmérsékleti adatai: a gyulladás, 230–370 °C; az égés, 400–1000 °C; az utóizzás, itt elfogynak az éghető anyagok, és a faszén 500–800 °C hőmérsékleten elizzik.

A kályha hatásfokának számításához szükséges a füstjárat mentén bekövetkező hőmérséklet-csökkenés. Ez az alábbi összefüggéssel számolható **[2]**:

$$t = 550 e^{\frac{0,83 L_j}{L_{jmin}}} \text{ [}^\circ\text{C]} , \tag{5}$$

ahol: t füstgáz hőmérséklete [°C]; L_j járathossz [m]; L_{jmin} a minimális járathossz [m]; 550 [°C] érték a tűztérből kilépő füstgáz mértékadó hőmérséklete.

Számolt értékei a hosszabb füstjárat végén $t_{k\text{ hosszú }} = 308,74^\circ\text{C}$, és a rövidebb füstjárat kilépésénél $t_{k\text{ rövid }} = 388,47^\circ\text{C}$. Mindkettő nagyobb 240°C-nál.

A füstgáz hőmérsékletének alakulását a füstjáratok mentén a **5. ábra** szemlélteti.

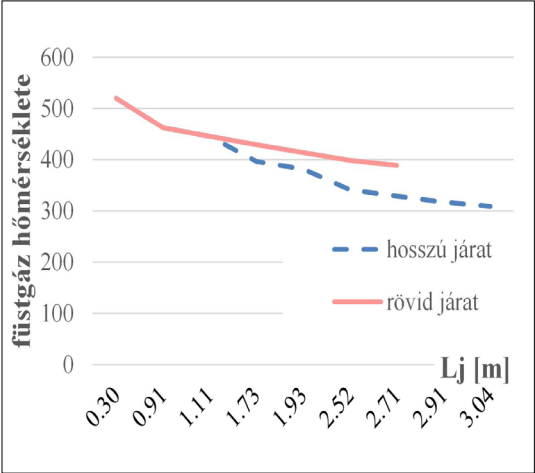
A rövidebb füstjáraton kilépő füst hőmérséklete nagyobb, mint a hosszabb füstúton haladó füstgáz kilépő hőmérséklete.

2.5. A kályha hatásfokának számítása

A hatásfok számítására az alábbi empirikus képlet használatos **[2]**:

$$\eta = 101,09 - 0,0941 t_k - 6,275 \cdot 10^{-6} t_k^2 - 3,173 \cdot 10^{-9} t_k^3 \text{ [\%]} , \tag{6}$$

ahol: t_k a kályha füstjáratából kilépő füstgáz hőmérséklete [°C].

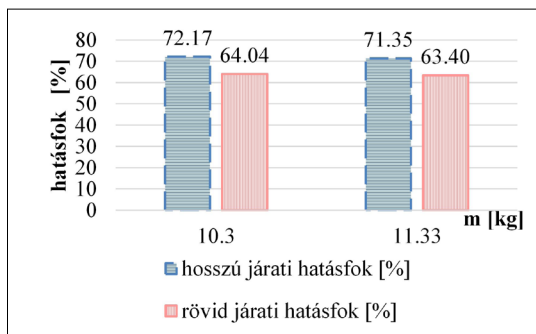


5. ábra. A füstgáz hőmérsékletének alakulása a füstjáratok mentén

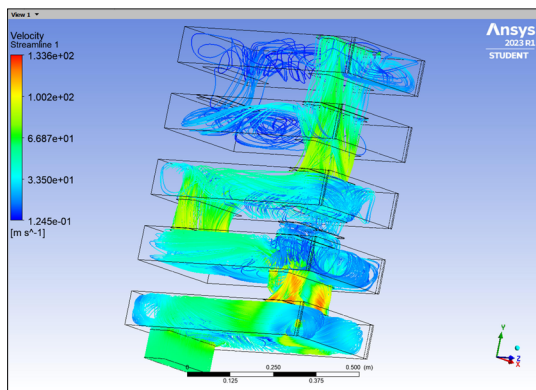
A számolt hatásfokok értékeit a két füstjárat mentén, a két szabvány szerint meghatározott famennyiség alapján a **6. ábra** tartalmazza és jeleníti meg.

A rövidebb füstúton kisebb a kályha hatásfoka.

A kevesebb m famennyiség javítja a kályha hatásfokát.



6. ábra. A Bolyai-kályha hatásfoka



7. ábra. A hosszú füstjáraton haladó füstgázok áramlása

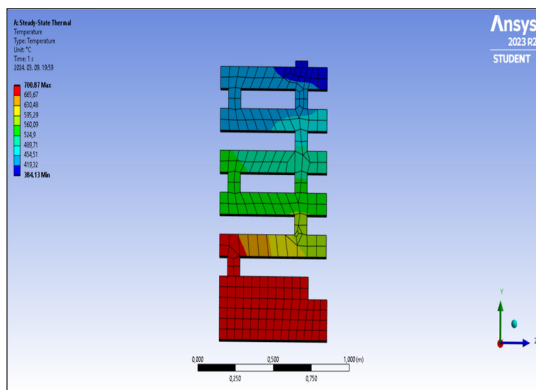
2.6. A kályha folyamatainak vizualizálása

Az Ansys Discovery Student [8] modellezési megoldásaival vizualizáltuk a Bolyai-kályhában zajló összetett folyamatokat. Ansys Discovery Student programmal végzett gázáramlási elemzések a **7–8. ábrán** láthatóak.

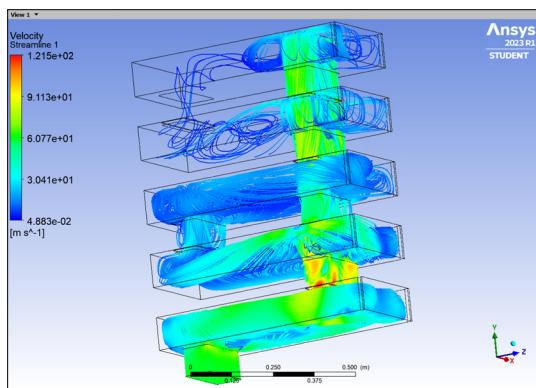
A hosszú füstjárat végén a kilépő gáz sebessége $v = 1,12$ m/s. A rövid füstjárat végén a kilépő gáz sebessége $v = 3,99$ m/s.

A modellek igazolják, hogy a rövidebb füstjárat mentén nagyobb sebességgel történik a gázok áramlása.

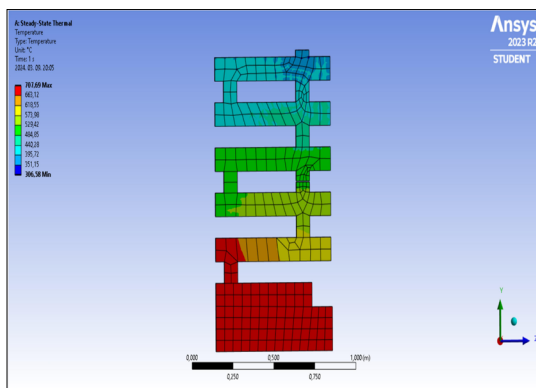
Az égés során keletkezett hő a forró füstgázoktól a kályhaelemek hőátadással veszik át. Az Ansys Discovery Student modellezési megoldásaival vizualizáltuk a Bolyai-kályhában zajló összetett hőtani folyamatokat. A modellek üregek, a belépési hőmérséklet $700\text{ }^{\circ}\text{C}$, a kilépési hőmérsékleteiket az (5) összefüggéssel számoltuk. A kályha termikus elemzése tulajdonképpen csak szemlélteti a jelenségeket, **9–10. ábra**.



9. ábra. A kályha hőelemzése a hosszú füstjáraton haladó füstgázok esetén



8. ábra. A rövid füstjáraton haladó füstgázok áramlása



10. ábra. A kályha hőelemzése a rövid füstjáraton haladó füstgázok esetén

A modellek azt mutatják, hogy a tüztér átmelegszik mindkét helyzetben, így a kályha a padlóhoz közeli térben is ad le hőt.

A hosszú füstjárat mentén, **9. ábra**, a kályhaelemek jobban átmelegednek, mint a rövidebb füstjárat mentén, **10. ábra**. Ez jól követhető a kályhaelemek szinkódjával. Ez is igazolja azt, hogy a rövid füstjárat mentén több hőt tartalmazó füstgáz hagyja el a kályhát, és lépik a kéménybe, mint a hosszújáratú üzemeltetés során.

3. Következtetések

A dolgozat során bepillantást nyerhettünk a Kemence-tan kézírataiba.

A megvalósított testmodell belátást nyújt a kályha belső felépítésébe.

A kályha füstjáratának hossza kevesebb az adott tüztérterület alapján elvárt minimális füstjárat-hossznál, azonban a szakaszos tüzelés és vélhetően kevesebb fiamennyiség biztosíthatta a megfelelő hatásfokú, füstmentes fűtést.

Bolyai egyedülálló szerkezetű kályhákat hozott létre. Bár a hőtan elméleti kérdései akkor még homályban lapultak, tapasztalataival mégis sikerült megfognia a lényegét és felhasználni azt munkásságában: a hosszabb füstjáraton a füstgáz jobban lehűl, így több hőt ad át a fűtendő térnek.

A kályhában a tűz könnyű gyújtása a rövid füstgázjárat mentén füstölés nélkül megtörténhetett, a nagyobb sebességgel mozgó füstgáz miatt.

Az üzemeltetés, fűtés során a meleg akár a földig terjedhetett.

A kályha tartósságát igazolja, hogy a Kolozs megyei Aranyosgerenden, a református templomban még ilyen kályhával fűtenek.

A kályha kellően érdekes kialakítása a modern terekbe is beépíthető, így az a kíváncsi is teljesül, miszerint a szobát ne dísztelenítse.

A kályha felépítésének vizsgálata és működésének modellezése alapján kijelenthető, hogy az akkor újszerű kialakítás megfelelhet a mai korszerű előírásoknak is.

A kályha tanulmányozásával, ötvözve a múltbeli értékeket a jelenben használt technikákkal és tudással, jobban megértettük a fűtés gépészetét.

Köszönetnyilvánítás

Tisztelettel megköszönjük a Teleki Téka munkaközösségének, hogy lehetővé tették a Kemence-tan tanulmányozását és a Bolyai kályha vizsgálatát, készségesen támogattak a méréseinkben, a kérdéseinkre szakszerű válaszokat adtak.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Oláh A.: *Bolyai Farkas hőtan elméletei, kemencera kő, -öntő tapasztalatai*. L'Harmattan Kiadó, Kolozsvár, 2015.
- [2] Libik A.: *Fatüzelésű épített kályhák*. Terc Kft. Kiadó, Budapest, 2013.
- [3] Sabján T.-L., Kiss K., Lengyel K.: *Öntöttvas kályhák*. Terc Kft. Kiadó, Budapest, 2013. 108–109.
- [4] Sánta R., Fürstner I.: *Investigation of the Pressure Drop in the Shell Side of the Evaporator*. Acta Polytechnica Hungarica 19/9. (2022) 239–249.
- [5] Bošnjaković M., Santa R., Crnac Z., Bošnjaković T.: *Environmental Impact of PV Power Systems*. Sustainability, 15/15 :11888. (2023) 2–26. <https://doi.org/10.3390/su151511888>.
- [6] Harangus K., Kakucs A.: *Valószínűség számítás és statisztika a mérnöki gyakorlatban*. EME Kiadó, Kolozsvár, 2021.
- [7] Yaheliuk S., Didukh V., Busnyuk V., Boyko G., Shubalyi O.: *Optimization on Efficient Combustion Process of Small-Sized Fuel Rolls Made of Oleaginous Flax Residues*. INMATEH Agricultural Engineering, 62/3. (2020) 361–368. <https://doi.org/10.35633/inmateh-62-38>.
- [8] <https://www.ansys.com/products/structures>