

Nyugat-magyarországi Egyetem  
Erdőmérnöki Kar

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**A FAHAMU ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI  
A MEZŐGAZDASÁGBAN**

Füzesi István

Sopron  
2014

**Nyugat-magyarországi Egyetem  
Erdőmérnöki Kar  
Sopron**

<b>Doktori Iskola:</b>	Kitaibel Pál Környezettudományi Doktori Iskola
<b>Vezető:</b>	Prof. Dr. Veress Márton egyetemi tanár
<b>Program:</b>	K2 Geokörnyezettudomány Program
<b>Vezető:</b>	Prof. Dr. Szarka László egyetemi tanár
<b>Témavezetők:</b>	Dr. habil Kovács Gábor egyetemi docens Dr. habil Heil Bálint egyetemi docens

## 1. CÉLKITÚZÉS

Napjainkban az egyre növekvő energiaigény, és az energiaellátásban fellépő esetleges ellátási bizonytalanság a szén-dioxid semleges és fenntartható energiaforrásokra irányította a figyelmet. Egyre elterjedtebb a biomassza energetikai célú felhasználása, így a fatüzelés jelentősége is megnőtt. Hazánkban a háztartások mellett több nagy széntüzelésű erőműben (Pécs, Ajka) is részben vagy egészben átálltak a biomassza-tüzelésre. Ezekben az erőművekben többek között erdészeti és faipari hulladékokat, fűrészport, tűzifát használnak fel a tüzelés alapanyagaként.

A biomassza nagyobb arányú energetikai hasznosítása együtt jár a tüzelés melléktermékének, azaz a hamu mennyiségének a növekedésével. A fatüzelés során jelenleg keletkező hamu éves becsült mennyisége Magyarországon 30-40 ezer tonna. A keletkező hamut nagyrészt hulladékként kezelik és lerakással ártalmatlanítják. A növekvő költségek, valamint az újabb hulladéklerakók megnyitásával szembeni ellenállás mind hazánkban, mind nemzetközi szinten alternatív elhelyezési módszerekre irányította a figyelmet.

Ezek egyike a fahamu mezőgazdasági, erdészeti és kertészeti célú felhasználása talajjavító anyagként és tápanyag-utánpótlás céljából, melyre már évezredek óta hasznosítják a kiskertekben.

E disszertáció fő célja, hogy

- áttekintse a kutatási témára vonatkozó hazai és nemzetközi szakirodalmat, ezáltal a kutatási problémát pontosan körülhatárolja, valamint elősegítse a megfelelő kutatási eszközök és módszerek kiválasztását;
- megvizsgálja a fahamu mezőgazdasági hasznosításának lehetőségét Nyugat-Magyarországon, ahol a savanyú talajok meliorációjában játszhatna szerepet;
- vizsgálja a talaj kémiai állapotára és tápanyag-szolgáltató képességére kifejtett hatását különböző hamudózisok esetén;

- vizsgálja tesztnövények segítségével a fahamuban koncentráltan jelentkező nehézfémek esetleges negatív hatásait a növényi növekedésre.

## **2. ANYAG ÉS MÓDSZER**

### **2.1. Tenyészedényes kísérlet**

A jelölt tenyészedényes kísérletet állított be 2009 tavaszán a Vas Megyei Kormányhivatal Növény- és Talajvédelmi Igazgatóságának tanakajdi üvegházában. A kísérlet angol perje és fehér mustár tesztnövényekkel 10 kezeléssel (2 növény × 5 hamuterhelés), 4 ismétlésben zajlott 40 db 6 dm<sup>3</sup> térfogatú Mitscherlich-féle tenyészedényben. A kezelések 0, 1, 5, 10, 20 t fahamu/ha talajterhelést jelentettek.

A tenyészedény-kísérlethez felhasznált kezeletlen hamu a Szombathelyi Távhőszolgáltató Kft. 7 MW hőteljesítményű biomassza-tüzelésű kazánjából származott. A hamu begyűjtésére 2009 februárjában került sor. A vizsgálathoz választott talaj a Vas megyei Pecöl község melletti mezőgazdasági terület szántott rétegeből lett véve 2009 márciusában. A kísérlet során bekevert talaj mechanikai összetétele alapján homokos vályog fizikai féleségű, kémhatása savanyú, szénsavas meszet nem tartalmazó, közel 20%-os agyagtartalommal, 50%-ot meghaladó leiszapolható résszel.

A tenyészedényes kísérlet során a szerző feljegyezte a tesztnövények vetés utáni kelésszámát, a növénymagasságot, a zöldtömeget, a tőszámot valamint a tesztnövényeknél esetlegesen jelentkező fitotoxikus tüneteket. A kísérlet lebontásakor a tesztnövényekből és a tenyészedények talajából mintát vett laboratóriumi vizsgálatokhoz.

## **2.2. Csírázásgátló és fitotoxikus hatás vizsgálata**

A fahamu csírázásgátló és fitotoxikus tulajdonságának vizsgálata céljából a szerző 2009-ben 6 kezeléssel, 4 ismétléses kísérletet állított be üvegházi körülmények között. A kísérletben bekevert talaj és kezeletlen fahamu megegyezett a tenyészedényes kísérletben alkalmazottal.

A 16 napos kísérlet során a növekvő hamudózisok (0 t/ha (kontrollkezelés), 5 t/ha, 10 t/ha, 20 t/ha, 40 t/ha, 80 t/ha) talajra és a fehér mustár tesztnövényekre gyakorolt hatásának vizsgálatára került sor. A szerző tanulmányozta a talaj kémhatásában valamint a tesztnövények kelésszámában, tőszámában és magasságában megjelenő változásokat, valamint megfigyelte a fitotoxikus tüneteket.

## **2.3. Szabadföldi kiscellás kísérlet**

A szabadföldi kiscellás kísérletet 2010 májusában állította be a szerző. A kísérlethez felhasznált kezeletlen hamu a körmendi ADA Hungária Bútorgyár Kft-től származott, ahol a gyártás során keletkező kezeletlen fahulladékot égetéssel hasznosítják. A begyűjtésére 2010 márciusában került sor. A hamu lúgosító hatását figyelembe véve történt a kísérlet helyszínén szolgáló mezőgazdasági terület kijelölése a Tanakajd községhez tartozó mezőgazdasági területen. A szabadföldi kísérletben az üvegházitól csak csekély mértékben eltérő talajon történt a hamu hatásainak vizsgálata. A kísérlet során bekevert talaj mechanikai összetétele alapján agyagos vályog fizikai féleségű, 27%-os agyagtartalommal, 60%-ot meghaladó leiszapolható résszel.

A kezelések 0, 1, 2,5, 5, 10 t fahamu/ha dózissal feleltek meg. A kísérlet angol perje és fehér mustár tesztnövényekkel 10 kezeléssel (2 növény  $\times$  5 eltérő mennyiségű hamu), 4 ismétlésben zajlott összesen 40 db, 1 m<sup>2</sup>-es méretű kiscellákon. A tavaszi talaj-előkészítést követően került kijuttatásra.

tásra, majd a talaj felső rétegébe egyenletes bemunkálásra a hamu. A kezelése kialakítása véletlen blokkelrendezésben történt.

A kísérlet során a szerző folyamatosan mérte a levegő hőmérsékletét és a csapadék mennyiségét. Feljegyezte a fehér mustár tesztnövények parcellánkénti kelésszámát, tőszámát, tömegét és magasságát, valamint az angol perje tesztnövények parcellánkénti átlagos magasságát és tömegét. A kísérlet befejeztével a parcellák talajának 0-10 cm-es rétegéből és a tesztnövényekből mintát vett a laboratóriumi vizsgálatokhoz.

#### **2.4. Laboratóriumi vizsgálatok**

A fahamu, a talajok és a növényminták laboratóriumi vizsgálatára a Nyugat-magyarországi Egyetem Földrajz és Környezettudományi Intézetének laboratóriumában, valamint a Vas Megyei Kormányhivatal Növény- és Talajvédelmi Igazgatóság akkreditált talajvédelmi laboratóriumában került sor. Az „összes” elemtartalom meghatározása cc.  $\text{HNO}_3$  + cc.  $\text{H}_2\text{O}_2$  roncsolást követően ICP-OES technikával történt. A talaj oldható tápelemtartalma az MSZ 20135:1999 módszer alapján került meghatározásra.

#### **2.5. Az eredmények statisztikai értékelése**

Az egyes kezeléseknél kapott eredményeket, valamint a közöttük lévő összefüggéseket a jelölt a „StatSoft, Inc. (2012). STATISTICA (data analysis software system), version 11. www.statsoft.com” szoftver alkalmazásával, variancia-, valamint regresszióanalízis segítségével értékelte. A varianciaanalízissel kimutatott, kezeléseknél közötti szignifikáns különbségek vizsgálata Dunnett-próbával történt.

### 3. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Az üvegházi kísérletekben bekevert hamu sűrűsége  $0,605 \text{ g/cm}^3$ . A hamu kémhatása erősen lúgos, vizes szuszpenzióban mért pH-ja 12,8. A tápelemek közül a foszfor tömegszázalékos mennyisége 1,09%, a kalciumé 27,73%, a magnéziumé 1,89% és a káliumé 3,99%.

A fahamu csírázásgátló és fitotoxikus hatásának vizsgálata során a 80 t/ha-nak megfelelő hamudózis hatására a talaj pH-ja jelentősen nőtt, a kiindulási 5,48-as értékről 7,89-re módosult. A hamu dózisének emelésével elnyúlt a csírázás időtartama, nőtt a csírázásgátló hatás. Mind a tőszám, mind a magasság szempontjából az 5-10 t/ha-nak megfelelő dózis volt a legkedvezőbb, ennél magasabb dózisok esetén csökkent a növények egyedszáma, magassága. A tesztnövényeken a 40 és 80 t/ha-os kezelések esetén megjelentek a fitotoxikus tünetek: kismértékű kiritkulás volt megfigyelhető.

A tenyészedényes kísérletben a talaj vizes szuszpenzióban mért pH-értéke, a legnagyobb dózis hatására, a kiindulási 5,7-es értékhez képest 2 pH-egységgel emelkedett. A vizsgált tápelemek közül a 20 t/ha-os adag esetén a  $\text{P}_2\text{O}_5$ -tartalom 61-ről 173 mg/kg, a  $\text{K}_2\text{O}$ -tartalom 123-ról 247 mg/kg értékre nőtt, szintén emelkedett a magnézium és a kén összes mennyisége, ezzel szemben a N-tartalom értéke szignifikánsan nem változott. A talaj nehézfém-tartalma a kezelés hatására szignifikánsan nem változott. A fahamu 1-5 t/ha-os adagjai növelték a tesztnövények kelésszámát, tőszámát, magasságát és zöldtömegét. A maximális dózis kijuttatásakor a növénymagasság mindkét tesztnövény esetén statisztikailag igazolhatóan csökkent. A kezelések hatására a talajban megnövekedő tápelemkínálatot a növények tápanyagtartalma nem mutatta, melyet a már a kontrollnál optimális tápanyagellátottság indokolhat.

A szabadföldi kísérlet során bekevert fahamu kémhatása erősen lúgos, pH-ja 13,00. Benne a foszfor tömegszázalékos összetétele 0,37%, a kalciumé 23,29%, a magnéziumé 2,68% és a káliumé 5,42%. Jelentős a hamu vastartalma is, 13,46 g/kg.

A kisparcellás kísérletben a talaj vizes szuszpenzióban mért pH-értéke a kontroll 6,41-es értékéhez képest a legnagyobb dózis alkalmazásakor közel 1 egységgel emelkedett mindkét tesztnövénynél. A hamukezelés hatására a mészhiányos talaj szénsavas mésztartalma a 10 t/ha-os kezelés esetén 0,8 tömeg %-ra változott. A vizsgált makroelemek közül a 10 t/ha-os adag esetén a  $P_2O_5$ -tartalom 760-ról 1144 mg/kg-ra, a  $K_2O$ -tartalom pedig 301-ről 792 mg/kg értékre nőtt a 0-10 cm-es rétegben. Az adatok alapján a foszfor- és káliumtartalom már kezdetben is igen jó ellátottságúnak minősíthető, ami a fahamu hatására tovább nőtt. Szintén emelkedett a talajban a magnézium-, a cink- és a kén-tartalom. A kezelt talaj nitrogéntartalma szignifikánsan nem változott.

A fahamu hatására az „összes” kadmiumtartalom emelkedett, értéke 0,28-ről 0,50 mg/kg-ra változott a maximális dózis esetén, de még ez az érték sem magasabb annál, mint ami a szennyezetlen hazai talajokra jellemző. Más nehézfémeknél nem tapasztaltunk ekkora mértékű változást. A kezelések hatására a talajban megnövekedő tápelemkínálat a növények hozamában, tápanyagtartalmában nem okozott statisztikailag igazolható változást. A kezelés hatására a tesztnövényekben nem volt kimutatható a nehézfém-tartalom növekedése. A tenyészedényes kísérlethez hasonlóan itt sem voltak a növényeken toxikus tünetek megfigyelhetők.



#### 4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK (TÉZISEK)

1. A talajvizsgálatok alapján a kihelyezett fahamu megnöveli a talaj vizes szuszpenzióban mért pH-ját. Az alkalmazott hamudózis és a talaj pH-ja közötti kapcsolat telítődési görbével írható le. Az  $1 \text{ mol/dm}^3$  koncentrációjú KCl-os szuszpenzióban mért pH értéke hűen követi a vizes pH változását.
2. Bebizonyosodott, hogy a fahamu kijuttatásakor a talaj  $\text{P}_2\text{O}_5$ - és  $\text{K}_2\text{O}$ -tartalma jelentősen emelkedik. A fahamu növeli a termőtalaj magnézium- és kén tartalmát, valamint a mikroelemek közül a Zn mennyiségét. A humusz%, kötöttség ( $K_A$ ), Na, Cu, Mn értékek változásából nem lehet messzemenő következtetéseket megállapítani. A fahamu gyakorlatilag nitrogénmentes, ezért kijuttatásakor a talaj ásványi nitrogéntartalma számottevően nem változik.
3. Amennyiben a kijuttatott hamu toxikus nehézfém tartalma átlagos, vagy az alatti, a talaj nehézfém tartalma statisztikailag igazolhatóan nem változik még 20 t fahamu/ha dózis kijuttatása esetén sem a vizsgált talajban. Ha a hamu nehézfém tartalma meghaladja az átlagot, a toxikus nehézfémek egy részének koncentrációja enyhén emelkedik a talajban 20 t fahamu/ha kezelés esetén, ennek azonban kimutatható káros hatása nem volt a tesztnövények esetében.
4. A kísérletek eredményei bizonyítják, hogy 1-5 t/ha fahamu kijuttatásakor nő a fehér mustár tesztnövények kelésszáma, tőszáma, magassága és zöldtömege. Az üvegházi tenyészedényes kísérletben szignifikáns különbségek voltak kimutathatók ezekben a paraméterekben a kezeletlen kontrollhoz képest. Megállapítható, hogy a hamukezelés nem növeli olyan mértékben a fehér mustár tesztnövények toxikus elem tartalmát, hogy annak élettani hatásai jelentkeznének. A fehér mustár és az angol perje tesztnövények a 20 t fahamu/ha kezelésig nem mutatnak toxikus tüneteket. Magasabb dózisos esetén a fehér mustár tesztnövényeknél kismértékű kiritkulás tapasztalható.

5. Megállapítható, hogy a fahamu Nyugat-Magyarországon jó hatással alkalmazható a mezőgazdaságban meszezés helyett a talajok savanyodásának mérséklésére, valamint savanyú talajok javítására. Kalcium- és mésztartalma révén a szabadföldi kísérlet mészhiányos talajának szén-savas mésztartalma a 10 t/ha kezelés hatására 0,8 tömegszázalékra növekszik.
6. A vizsgálatok alapján kijelenthető, hogy a fahamu a mezőgazdaságban tápanyag-utánpótlás céljából hasznosítható. A hamut a vetés előtt kell kiszórni, és egyenletesen bekeverni a talaj felső rétegébe. Javasolt dózisa 1-5 t/ha, mert e fölötti mennyiségben már a növények kelésében, növekedésében jelentkezhetnek a káros hatásai. Nagyobb dózis esetén a talajban mért  $P_2O_5$  és  $K_2O$  értékek jóval magasabbak az optimális értékeknél, emiatt a kijuttatott tápanyagok – megfelelő kolloid tartalom nélkül – kimosódhatnak a termőrétegből.
7. A hamu mezőgazdasági hasznosítása gazdasági szempontból is jelentős. A szántóföldre történő kijuttatással csökkenthetők a hulladékként történő lerakás költségei. A nagy tömegben rendelkezésre álló fahamu mezőgazdasági hasznosításával részben kiválthatók a költséges talajjavító anyagok és műtrágyák. 1 t fahamu tápanyagszolgáltató-képessége kb. 25 kg  $P_2O_5$  hatóanyagú műtrágyával és 48 kg  $K_2O$  hatóanyagú műtrágyával egyenértékű. 1 t fahamu/ha kezelés ez alapján kb. 22 ezer Ft megtakarítást jelent.

## **5. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI ALKALMAZHATÓSÁGA**

A fatüzelés során képződő melléktermék a hamu, amely a szántóföldre kijuttatva megnöveli a talaj pH-ját. A hamukezelés hatására a talaj szénsavas mésztartalma nő, ezért Nyugat-Magyarországon a savanyú talajok melioratív meszezésére hasznosítható.

A hamu értékes tápanyagforrás, ezáltal elősegíti a növények növekedését, fejlődését. Számos olyan makro- és mikroelemet tartalmaz, amely az N-P-K műtrágyákban nem található meg. A benne található foszfor és kálium rendelkezésre állása alacsonyabb, mint a műtrágyáké, ezáltal a hamu hosszabb ideig biztosítja a növények számára a tápanyagokat. A mérési eredmények alapján a hamu N-tartalma alacsony. Nitrogénhiányos talajokon a hamu kijuttatását N-műtrágyázással célszerű kombinálni.

A kísérleti eredmények alapján megállapítható, hogy a fahamu javasolt kijuttatási dózisa 1-5 t/ha. A kijuttatási adag pontos megállapításához előzetes talajvizsgálat javasolt. A hamu mezőgazdasági hasznosítása engedélyhez kötött tevékenység. Az engedélyt az illetékes megyei kormányhivatal Növény- és Talajvédelmi Igazgatósága adja meg.

## 6. PUBLIKÁCIÓK

### Publikációk folyóiratokban, konferencia-kötetekben

**FÜZESI I. – HEIL B. – KOVÁCS G.** (2014): Examination of the effects of wood-ash in small plot experiments. *Acta Silvatica & Lingaria Hungarica*. (lektorálás alatt).

**FÜZESI I. – HEIL B. – KOVÁCS G.** (2013): Biomassza tüzelésből származó hamu felhasználásának mezőgazdasági lehetőségei. In: *Kémia, Környezet-tudomány, Fenntarthatóság: Kémia Intézet Tudományos Ülése* (2013.08.29.). Konferencia-kötet. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó. pp. 93-98.

**FÜZESI I. – HEIL B. – KOVÁCS G.** (2013): Hamulúg készítése és kémiai vizsgálata. In: **MESTERHÁZY BEÁTA** (szerk.): XII. Természet-, Műszaki és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia (2013.05.11.). Konferencia-kötet. Szombathely: Nyugat-Magyarországi Egyetem. pp. 174-178.

**FÜZESI I. – KOVÁCS G.** (2012): A talaj nehézfém tartalmának változása fahamukezelés hatására. In: **MESTERHÁZY B.** (szerk.): XI. Természet-, Műszaki és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia (2012.05.19.). Konferencia-kötet. Szombathely: Nyugat-magyarországi Egyetem. pp. 224-230.

**FÜZESI I. – KOVÁCS G.** (2011): Fahamukezelés hatása a növény-talaj rendszerre. In: **LAKATOS F. – POLGÁR A. – KERÉNYI-NAGY V.** (szerk.): Tudományos Doktorandusz Konferencia (2011.04.13.), Konferencia-kötet. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem. pp. 87-91.

**FÜZESI I. – KOVÁCS G.** (2011): A fahamu talajra gyakorolt hatásának vizsgálata tenyészedény-kísérletben. In: **FARSANG A. – LADÁNYI ZS.** (szerk.): Talajaink a változó természeti és társadalmi hatások között: Talajvédelem különszám. Talajtani vándorgyűlés (2010.09.03-2010.09.04.). Konferencia-kötet. Budapest; Gödöllő: Talajvédelmi Alapítvány; Magyar Talajtani Társaság. pp. 203-210.

**FÜZESI I.** (2010): Vas megye talajainak nehézfémterheltsége. In: MESTER-HÁZY B. (szerk.): IX. Természet-, Műszaki és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia (2010.05.15.). Konferencia-kötet. Szombathely: Nyugat-magyarországi Egyetem.

### **Előadások**

**FÜZESI I.** – HEIL B. – KOVÁCS G. (2013): Biomassza tüzelésből származó hamu felhasználásának mezőgazdasági lehetőségei. Kémia, Környezetudomány, Fenntarthatóság: NymE EMK Kémia Intézet Tudományos Ülése, Sopron, 2013. augusztus 29.

**FÜZESI I.** – KOVÁCS G. (2012): A tápanyag-gazdálkodás elvei és gyakorlata a rendszerváltást megelőző és az azt követő időszakban. In: PUSKÁS J. (szerk.): VII. Regionális Természettudományi Konferencia, Szombathely, 2012. január 26., pp. 15-16.

**FÜZESI I.** – KOVÁCS G. (2011): Fahamukezelés hatása a talajra és a termesztett növényekre. In: FÜZESI I. – PUSKÁS J. (szerk.): X. Természet-, Műszaki- és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia, Szombathely, 2011. május 21., p. 31.

**FÜZESI I.** – KOVÁCS G. (2011): Fahamukezelés hatása a növény-talaj rendszerre. Tudományos Doktorandusz Konferencia, Sopron, 2011. április 13. p.

**FÜZESI I.** – KOVÁCS G. – MOLNÁR ZS. (2011) Terméshozó és talajjavító anyagok alkalmazása Vas megyében. In: PÉNTÉK K. (szerk.): VI. Euroregionális Természettudományi Konferencia, Szombathely, 2011. január 25-27., pp. 35-36.

**FÜZESI I.** – KOVÁCS G. (2010): A fahamu talajra gyakorolt hatásának vizsgálata tenyészedény-kísérletben. Talajaink a változó természeti és társadalmi hatások között: Talajtani vándorgyűlés, Szeged, 2010. szeptember 3-4.,

**FÜZESI I.** – KOVÁCS G. (2010): Fahamukezelés hatása fehér mustár és angol perje teszt növényekre. In: FÜZESI I. – PUSKÁS J. (szerk.): IX. Természet-, műszaki és gazdaságtudományok alkalmazása nemzetközi konferencia. Szombathely, 2010. május 15., p. 20.

**FÜZESI I. – KOVÁCS G.** (2010): Study on the effect of wood ash application in a pot experiment. Fahamu-terhelés hatásának vizsgálata tenyészedény-kísérletben. Meddig lesz még Föld Napja? – Doktoranduszok I. Környezet-tudományi konferenciája, Budapest, 2010. április 17., pp. 14-15.

**FÜZESI I. – KOVÁCS G.** (2009): A fahamu talajra gyakorolt hatásának vizsgálata tenyészedény-kísérletben. Megújuló energiák, környezeti változások – NymE TTK Tudomány Napi Konferencia, Szombathely, 2009. november 17.

### **Posztterek**

**FÜZESI I. – KOVÁCS G.** (2013): Hamulóg készítése és kémiai vizsgálata In: FÜZESI I. – PUSKÁS J. (szerk.): XII. Természet-, Műszaki és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia, Szombathely, 2013. május 11., p. 34.

**FÜZESI I.** (2010):\_Vas megye talajainak nehézfémterheltsége. In: FÜZESI I. – PUSKÁS J. (szerk.): IX. Természet-, Műszaki és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia, Szombathely, 2010. május 15., p. 42.

**FÜZESI I.** (2009). A fahamu talajra gyakorolt hatásainak vizsgálati módszerei. In: FÜZESI I. – PUSKÁS J. (szerk.): VIII. Természet-, Műszaki és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia, Szombathely, 2009. május 23., p. 35.