

I. évfolyam, 3. szám – 2016. október

Kerekes Zsuzsanna – Lubláy Éva – Restás Ágoston

AZ OXYGÉN INDEX (LOI) ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI A T ZVÉDELMI MINŐSÍTÉSEK BEN

Absztrakt

Az egyre rohamosabban fejlődő világban sorra jelennek meg új anyagok, melyeknek tulajdonságait nem ismerjük és vizsgálatuk hagyományos vizsgálati módszerekkel nem megoldható. Egy ilyen vizsgálati módszert szeretnénk bemutatni. Kutatásunk módszereként egy kevésbé ismert mérési módszert alkalmaztunk, az ún. oxigén index (LOI) mérést. Az anyagok éghetőségre vonatkozó mérések általában 21 százalékos oxigén tartalom mellett történnek. Ez alól kivételt képez az oxigén index mérése. Ezen módszerrel olyan anyagokat lehet tesztelni és összehasonlítani, amelyek normál légköri oxigén tartalomnál nem égnek, tehát a szokásos, vagy hagyományos vizsgálati módszerekkel nem lehet őket vizsgálni. A mérés alkalmazása várhatóan egyre inkább elterjed, részben az új anyagok megjelenése, részben a neméghető anyagok szigorodó követelményei miatt. A LOI megadásával egy anyag tűzállósági tulajdonságait egyértelműen meg lehet határozni.

Kulcsszavak: éghetőség, polimerek, füstképződés, oxigén index

POSSIBILITIES OF USING LIMITED OXIGEN INDEX (LOI) IN THE PROCESSES OF FIRE PROTECION QUALIFICATION

Abstract

We can notice in our world day by day that new and new materials are developed for the market without knowing their exact features under fire stress; moreover we have not got a method to measure or examine some features precisely. Authors present a new fire investigating method in this paper called *limited oxygen index* (LOI). Traditionally materials are investigated by methods where the rate of oxygen is 21 per cent. Method used by authors, called LOI is different from the traditional methods because it is able to measure the flammability of materials even in different oxygen rate conditions. With this method we can measure the flammability of such materials which cannot burn in normal conditions meaning that, oxygen rate is 21 per cent. Because of the wide and quick spreading of new materials and also the stricter requirements against them LOI can be more dominant in the future classifying materials in fire protection view. Authors prove that using LOI method we can determine the flammability of materials more precisely.

Keywords: flammability; polymers; self-sustaining combustion; smoking combustion.

1. BEVEZETÉS

A különféle anyagok éghet ségének jellemzésére többféle módszer ismert, mint például a gyulladási hőmérséklet, a különböző irányú lángterjedés, a füsttermelés és a füst hőmérséklet meghatározása. Anyagok éghet ségét azzal a minimális oxigén koncentrációval is lehet jellemezni, amelynél még égnek. Az éghet anyagok többsége a légköri levegő oxigéntartalma (21 %) mellett képes az égésre, de vannak olyan anyagok, amelyek ennél kisebb vagy nagyobb oxigén tartalom mellett égnek. Az oxigénindex (LOI – Limited Oxigén Index) meghatározása nem tartozik az elterjedt laboratóriumi mérések közé, annak ellenére, hogy fontos paraméter az éghet anyagok éghet ségének megítélésében. A módszert eredendően minden anyagok éghet ségének megítélésére fejlesztették ki, de elvileg bármely éghet , szilárd anyag esetében használható. A szakirodalom a szénszálak, oxidált szálak és az ezekből készült anyagok tűzvédelmi minősítésére az LOI mérőszám alkalmazását javasolja és használja.

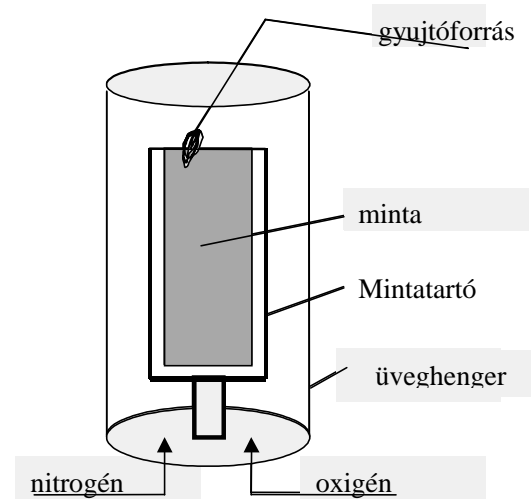
2. AZ OXIGÉN INDEX FOGALMA ÉS MÉRÉSI MÓDSZERE

Az oxigénindex (LOI) vizsgálata egy széles körben használt, mind minőség-ellenőrzésre, mind kutatásra alkalmazott módszer. A mérőberendezést elsősorban éghető anyagok éghet ségének meghatározására alkalmazzák. A mérés elvégzésének és kiértékelésének módját szabványok rögzítik. Az LOI szabványos mérésére mind magyar (MSZ 10200-1989 *M anyagok éghet ségének meghatározása oxigénindexszel*), mind nemzetközi szabványok (ISO 4589, ASTM 2863, *Standard Test Method for Measuring the Minimum Oxygen Concentration to Support Candle-Like Combustion of Plastics (Oxygen Index)*) találhatók.

A vizsgálat módszere a következő: a vizsgálandó anyagot egy előre meghatározott oxigénkoncentrációjú levegőt tartalmazó, átlátszó burába helyezük, amely alulról a beállított levegő-összetételt biztosító berendezésbe csatlakozik, felül pedig nyitott. A vizsgált anyagra jellemző oxigénkoncentráció beállításával a vizsgált minta meggyújthatóvá válik, égési jelenséget mutat. Az *1. táblázatban* néhány anyag jellemző oxigén indexét adjuk meg.

A vizsgálóberendezésben (*1. ábra*) a nitrogén és az oxigén százalékos aránya tetszőlegesen beállítható. A mintatartó elemként egy függőlegesen álló, 6 cm x 16 cm-es, U alakú, két réteg fémkeret szolgál. A gyújtóforrást – a szabványban rögzítetteknek megfelelően – egy 4 cm magasságú propán-bután gázláng biztosítja. A mintát a felső szélén meggyújtjuk, majd 15

másodpercig ott tartjuk a lángot. Az égés ellenáramban lefelé indul meg, miközben a bura alatt az el re beállított leveg elegy áramlik. Oxigénindexnek tekintjük azt az értéket, amikor a mintán a beégés 8 cm [1]. Gyakorlatban ez azt jelenti, hogy ha az oxigénindex értéke kisebb, mint a 21, akkor az adott anyag kevesebb, mint 21 % oxigéntartalmú leveg ben is égni tud, tehát a légköri környezetben bizonyosan meg fog gyulladni és égni fog.



1. ábra: Az Oxigénindexet mér készülék (Ybl, T zvédelmi int.)

Oxigénindexen azt a legalacsonyabb leveg oxigéntartalmat értjük (térfogatszázalékban), amelynél az anyag még képes a lángterjedésre, ill. meghatározott idej égésre [1, 2, 3].

1. táblázat: Néhány anyag oxigénindexe

LOI values of different materials	
Polyethylene (PE)	17,5 %
Crosslinked PE (XLPE)	19,0 %
Polypropylene (PP)	17,5 %
Polyester	20-22
Acrylic	18,2
PET	21-34
Nylon™	20 %
Nylon 6,6	24-29%
Lágy PVC	24-35 %

Merev PVC	40-45 %
Teflon™	95 %
Flamastic Coating™	100 %
Halar (E-CTFE)	64%
Nomex	28
Carbon szál	40-50
Kevlar	29
Furanflex	86-96

Normál légköri levegő (azaz a belélegzett levegő) körülbelül 21% oxigént tartalmaz, ezért azokat az anyagokat, amelyeknek a LOI értéke ennél kevesebb „könnyen éghetnek” minősítjük. Azokat az anyagokat, melyeknél a LOI értéke nagyobb, mint 21%, de kevesebb, mint 28%, „nehezen éghetnek” tekinthetjük. Azok az anyagok, amelyek esetében a LOI értéke meghaladja a 28%-ot, „önkioltó anyagoknak” nevezzük, ami azt jelenti, hogy a gyújtó forrás eltávolítása után az égés megszűnik [4].

A LOI mérésen alapuló értékek még ugyan nem számítanak szabványos minősítésnek, de égési viselkedés alapján az oxigén index megadása szerinti besorolás már széles körben kezd elfogadottá válni. A LOI értékek alapján az anyagok négy kategóriába sorolhatók: (A) LOI <20,95; (B) 20,95 <LOI <28,00; (C) 28,00 <LOI <100,00 "önkioltó" anyagok; és (D) LOI= 100,00, "nem éghet" anyagok [5, 6, 7, 8].

3. AZ OXIGÉNINDEX ALKALMAZÁSÁNAK TERÜLETEI

Az alábbiakban az oxigénindex felhasználási területeit adjuk meg:

1. Az oxigénindex megadása egyre inkább fontosabbá és elterjedtebbé válik a késztermékek minősítése során. A nagyobb mélyanyaggyártó cégek már nem csak a kötelező CE paramétereket adják meg, hanem emellett a nem éghetőséget, illetve az égésgátolt tulajdonságokat LOI értékek megadásával is igazolják, mint pl. az elektromos kábelek esetében.
2. A nagyobb kutatóintézetek és egyetemek az egyes anyagok jellemző tulajdonságainak meghatározása mellett egyre gyakrabban mérik az oxigénindexet is. Ennek oka, hogy az égési

paramétereiket a legkorszerűbb nagyműszerekkel is csak normál, vagyis a légköri 21 %-os oxigén tartalmú környezetben lehet mérni, ami alól kivételt képez az oxigénindex mérése.

3. Számos éghető anyag (fa, műanyagok, textilek) esetén is követelmény lehet az égésgátló, illetve lángálló anyagok használata. Eddig az ilyen típusú anyagok minősítésére a lángterjedés szolgált, de ezen a területen is az LOI mérésének elterjedése figyelhető meg. Az égésgátló adalékok hatását is ma már oxigén index mérésével igazolják. A fa esetén az égésgátlók hatása (pl. kálium-karbonát, a szulfát-ammónium) a fa termikus degradációja és az illékony termékek pirolízise termogravimetria és analitikai pirolízis módszerekkel ugyan kimutatható, de bebizonyosodott, hogy az égésgátlók hatása alacsony hőmérséklet régióban indul meg, és több termikusan stabil közbelső elszénesedett rész kialakulását eredményezi. Ezt a folyamatot az oxigén indexszel nagyon jól nyomon lehet követni [9].

4. SAJÁT KÍSÉRLETEINK

Kutatásunk során a legfőbb cél annak kidolgozása, hogy az oxigénindex hogyan lehet alkalmas építőanyagok, műanyag kompozitok, textilek, éghető szövetek kimutatására és minősítésére. Legújabb eredményeink között szerepel annak kimutatása, hogy az oxigén index mindazokat az anyagi változásokat, tulajdonságokat képes követni, amelyeket eddig csak drága nagyműszerekkel (pl. X-ray, IR, Raman spektrométer) lehetett azonosítani. A módszer előnye egyrészt a kedvezőbb költségigény, másrészt a gyorsaság, amivel a gyártási technológiát folyamatosan nyomon lehet követni. Kísérleteink során szén, oxidált szálak, illetve egy műanyag alapú kéménybélézés oxigénindexét határoztuk meg.

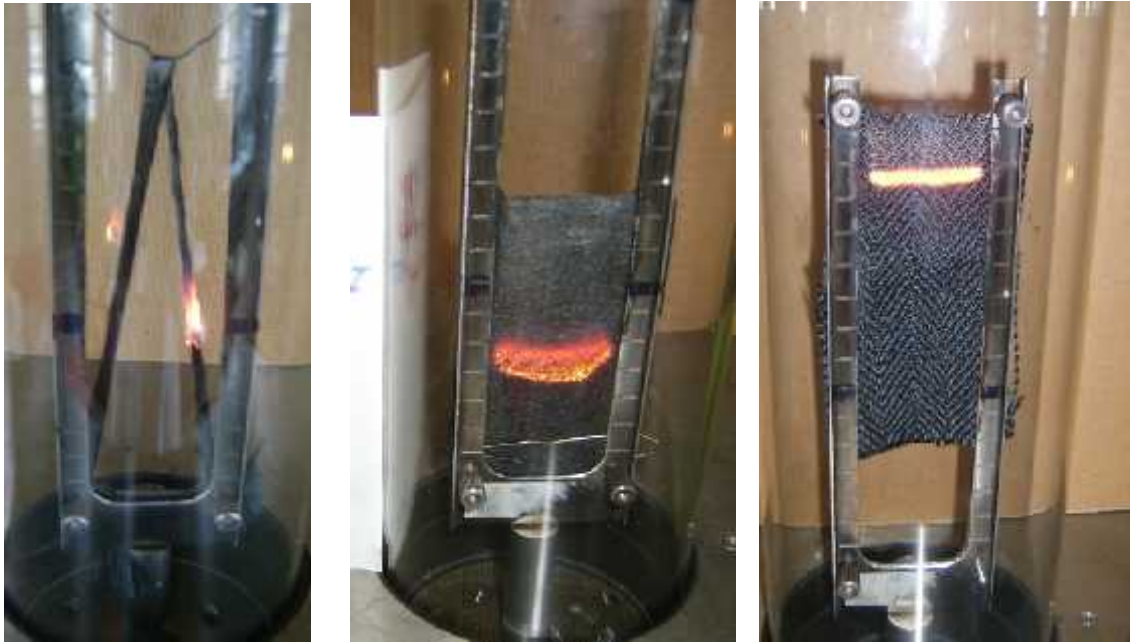
4.1 Szén- és oxidált szálak szerkezetkutatása

A szénszál alapú termékek különleges tulajdonságának köszönhetően a legkorszerűbb biztonsági anyagok közé tartoznak. Olyan területen használják őket, ahol a tűzvel szembeni ellenálló képességet kell biztosítani, pl. védőruhák, védőkesztyűk, mentőtakarók, gépjárművek belső burkolata. A neméghető szövetek sorban a magas széntartalom (nagyobb, mint 60%), részben pedig annak homogén-, illetve heterociklusos szerkezete adja. Ezen szénszál alapú termékek és maga a szénszál minősítése a mechanikai, fizikai tulajdonságok (szálterjedés, szálfinomság, szakítószilárdság) mellett az oxigén index megadásával történik. A szénszálat azonban gyakran más anyagokkal együtt is alkalmazzák. A kérdés az, hogy ki lehet-

e mutatni egyszer módon egy több komponenses szerkezetben, ha az éghető anyagot tartalmaz? Az oxigénindex meghatározás erre a problémára megoldást nyújt. Összetett, többkomponens anyagok esetén egy vizsgálat után az összetevők égése elkülönül, pl. a kisebb LOI-vel rendelkezők kiégnek, lyukas lesz, vagy megváltozik a morfológiája, míg a magasabb LOI-val rendelkezők változatlan formában maradnak. Így már egy vizsgálatból információt kapunk a különböző összetevők éghetőségi tulajdonságairól. A természetes szén előfordulások köztudottan jól égnek, de mesterségesen előállított szerkezetben normál levegő összetételnél éghetetlenek. A *szénszálak (CF—carbon fiber)*, amelyek szén tartalma nagyobb, mint 95% és *oxidált szálak (PN)*, amelyek szén tartalma kb. 65% különlegessége és kifejlesztésének legfőbb célja épp abban van, hogy minél magasabb a szén százalékos tartalma annál ellenállóbbak az égéssel és lánggal szemben. A felhasználás szempontjából a széntartalom növelésnek a mechanikai tulajdonságok romlása szab határt.

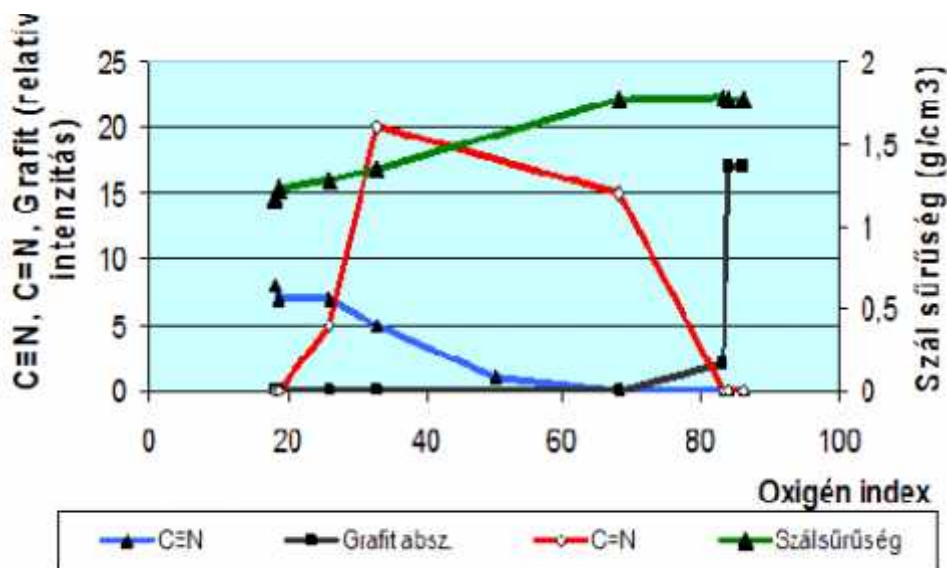
Az oxigénindex mérése első sorban tömör, kompozit anyagokra alkalmazható. Így külön feladat volt, hogy hogyan alkalmazható az oxigén index kimérése szálakra, nem szőtt nemezelt textíliákra. A mesterséges szénszálak kémiai ellenálló képessége és különleges mechanikai tulajdonságai szerkezetükben rejlik. Sok előnyös tulajdonságuk mellett az is fontos, hogy normál levegőben nem éghetők. Hagyományos mérések esetén a függőleges U alakú mintatartóba befogott mintának az égése gyújtóforrás hatására felülre lefelé terjed. Az égés geometria függ, vagyis, az égési sebesség függ attól, hogy az milyen irányban terjed. A szálak sokféle szerkezete miatt többféle oxigén index is mérhető. Az egyik a szabványok feltételeit kielégítő paraméterekhez rendelhető oxigénindex (anyagtól függ). Továbbá, szintén egy jól meghatározható oxigénindexhez kötött a felületi láng megjelenése és a felületi láng alulról meggyújtva a mintát felfelé terjed. Ez utóbbiak természetesen szerkezetfüggők.

Az oxigén index erősen függ a minták szerkezetétől, jobban, mint az alapanyagbeli különbségtől. Egyes esetekben még az alapanyag különbsége se befolyásolja oly mértékben az oxigén index értékeket, mint annak szerkezete (egy szál, szál köteg, kábel, vlies, nem szőtt textília).



2. ábra: A szál, a nem szőtt textília és a szőtt textília égése

Az általunk végzett mérések megerősítik a korábbi tapasztalatokat, hogy szoros és egyértelmű összefüggés van a szén-szálak sűrűsége, elemi összetétele és a LOI között (3. ábra). Továbbá, a LOI méréssel érzékenyen lehet követni az oxidált szálak mikroszerkezeti változásait is. Mérésekkel igazolható, hogy a LOI jellemző lehet a stabilitás mértékére is: az oxidált szálak drasztikus szétesése 50 % feletti oxigéntartalomban történő égések során indul meg. Az égéssel szembeni termodinamikai stabilitással az LOI > 50 értékű anyagminták rendelkeznek. Ezek az anyagok égéskor csak szilárd fázisú égést mutatnak, nem égnek lánggal, azaz a könnyen leváló felületi funkciók csoportokkal már nem rendelkeznek.



3. ábra: Oxidáltszálak szerkezetátalakulását követő kémiai összetétel, sűrűség és oxigénindex jellemzők együttes változása

4.2 M gyanta tartalmú kéménybélések vizsgálata

A kéménybélések esetén ugyan statikai követelmények nincsenek, de annál magasabbak a tartóssági követelmények. Vizsgálataink során egy magyar fejlesztésű m anyagalapú kéménybélést vizsgáltunk (4. és 5. Ábrák). A kéménybélés oxigénindexe 95, tehát majdnem a nem éghető anyagok közé tartozik, annak ellenére is, hogy az m anyag alapanyagból készült.



4. ábra: A kéménybéléstest károsodása 85 % oxigénindex mellett



5. ábra: A m gyanta kéménybélés égés utáni károsodása különböző oxigéntartalom mellett

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Az egyre rohamosabban fejlődő világunkban sorra jelennek meg az új anyagok, amelyek egyes, az égés szempontjából lényeges tulajdonságait nem ismerjük és vizsgálatuk hagyományos vizsgálati módszerekkel nem megoldható. Kutatásunk módszereként egy kevésbé ismert eljárást alkalmaztunk, az oxigénindex mérést. Ezzel a módszerrel olyan anyagokat lehet tesztelni és összehasonlítani, amelyek normál légköri oxigéntartalomnál (21 %) nem égnek, vagyis a szokásos, hagyományos módszerekkel nem lehet vizsgálni. Kutatásunk során a legfőbb cél annak kidolgozása volt, hogy az oxigénindex hogyan lehet alkalmas építőanyagok, műanyag kompozitok, textilek, éghetőanyagok kimutatására és minősítésére. Legújabb eredményeink között szerepel annak kimutatása, hogy az oxigénindex mindazokat az anyagi változásokat, tulajdonságokat képes követni, amelyeket eddig csak drága nagy szerekkel lehetett nyomon követni. A módszer elnyeik között a kedvező árán túlmenően a gyorsaság dominál, ami által a gyártási technológiát folyamatosan nyomon lehet követni. Kísérleteink során szén, oxidált szálak, illetve egy műanyagalapú kéménybélés oxigénindexét határoztuk meg.

HIVATKOZÁSOK

- [1] Beda, Zs. Kerekes, B. Szakál, I. Bukovics: Research and Certification at the Institute of Fire Protection and Safety Engineering (Hungary) Conference, Poland 2004
- [2] Kerekes Zs.: The oxygen index of oxidised fibres and influencing factors, *Annual News Vol 1,(50-54) 2003*
- [3] Beda L., Kerekes Zs. : Characteristics Influencing the Limited Oxygen Index (LOI) of Carbon Fibers I. *Annual News Vol VII. 1/ 2007*
- [4] M.I. Nelson, H.S. Sidhu, R.O. Weber, and G.N. Mercer. A dynamical systems model of the limiting oxygen index test. *The ANZIAM Journal*, **43**(1): 105-117, 2001.
- [5] <http://www.uow.edu.au/~mnelson/review.dir/oxygen.html>
- [6] [http://www.paxymer.se/Facts & Videos /Flammability tests /Limiting Oxygen Index \(LOI\)](http://www.paxymer.se/Facts & Videos /Flammability tests /Limiting Oxygen Index (LOI))
- [7] H.W. Emmons 1974. Fire and fire protection. *Scientific American*, **231**(1) pp 21-27.
- [8] C.P. Fenimore 1975. Candle-type test for flammability of polymers. In *Flame-retardant polymeric materials* volume 1, editors M. Lewin, S.M. Atlas, and E.M. Pearce (New York: Plenum) pp 371-397.
- [9] G. Dobelea, I. Urbanovich, A. Zhurinsa, V. Kamparsb, D.Meierc: Application of analytical pyrolysis for wood fire protection control, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, Volume 79, Issues 1-2, May 2007, pp 47-51

Kerekes Zsuzsanna, egyetemi docens, Szent István Egyetem, Ybl Miklós Építéstudományi Kar, T z-, és Katasztrófavédelmi Intézet,;

Kerekes.Zsuzsa@ybl.szie.hu

orcid: 0000-0002-4286-2333

Zsuzsanna Kerekes, associate professor, Szent István University, Ybl Milós Faculty of Architecture and Civil Engineering, Institute of FireProtection and Disaster Management,

Kerekes.Zsuzsa@ybl.szie.hu

orcid: 0000-0002-4286-2333

Lublóy Éva habilitált adjunktus, Budapesti M szaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Épít mérnöki Kar, Épít anyag és Magasépítés Tanszék, H-1111, Budapest M egyetem rkp. 1-3, email: lubloy.eva@bme.epito.hu

orcid: 0000-0001-5435-4400

Éva Lublóy, professor assitante, Budapest University of Technology and Economics, Department of Construction Materials and Technologies, H-1111 Budapest, M egyetem rkp 1- 3,

lubloy.eva@bme.epito.hu

orcid: 0000-0001-5435-4400

PhD, PhD, habilitált egyetemi docens, tanszékvezet , Nemzeti Közzolgálati Egyetem, Katasztrófavédelmi Intézet, T zvédelmi és Mentésirányítási Tanszék, H-1101, Budapest, Hungária krt, 9-11;

Email: Restas.Agoston@uni-nke.hu;

Orcid: 0000-0003-4886-0117

PhD, PhD, associate professor, head, Department of Fire Prevention and Rescue Control, Institute of Disaster Management, National University of Public Service, H-1101, Budapest, Hungaria krt. 9-11;

Email: Restas.Agoston@uni-nke.hu;

Orcid: 0000-0003-4886-0117

A kézirat benyújtása: 2016.09.10.

A kézirat elfogadása: 2016.09.24.

Lektorálta: Beda László