

# Nemszőtt poliészter-geotextíliák építőipari alkalmazása új tűzvédelmi minősítésük alapján\*)

Kerekes Zsuzsanna

egyetemi docens  
SZIE YMEK Építőmérnöki Intézet  
tűzvédelmi laborvezető  
kerekes.zsuzsa@ybl.szie.hu

Szép János

egyetemi docens  
Széchenyi István Egyetem  
Építész-, Építő- és  
Közlekedésmérnöki Kar  
Szerkezetépítési és  
Geotechnikai Tanszék  
szepj@sze.hu

Volf Anita

tűzvédelmi szakmérnök (2017)  
orcid 0000-0002-4267-3305  
volfanita@gmail.com

**Kulcsszavak/Keywords:** Tűzvédelem, Polimerek, Poliészter, Geotextíliák, Éghetőség, Oxigénindex, Nemszőtt geotextíliák  
Fire protection, Polymers, Polyester, Geotextiles, Flammability, Self-sustaining combustion, Nonwoven geotextiles

## Kivonat

A műanyagok megjelentek az építőiparban is, de mivel alapjában éghető anyagok, ezért kiemelt kockázati tényezőnek számítanak. A műanyagok, így a poliészter is, könnyen égnek, égésük során toxikus gázok keletkeznek, továbbá olvadnak és az olvadékuk fokozottan éghető gyújtóforrásként viselkedik. Az építőanyagok felhasználását, beépítését ezért külön szigorú szabványok és rendeletek szabályozzák és ennek megfelelően égéskésleltetik. Megvizsgáltuk az egyik legelterjedtebben használt nemszőtt poliésztertextília mintákat, hogy az előirt Euroclass szerinti MSZ ISO EN 11 925 függőleges lángteszt elegendő-e a tűzvédelmi minősítéshez, és javaslatot teszünk kiegészítő mérésenként az oxigénindex megadására.

## Abstract

The plastic industry was developed significantly in the last decades. The application of plastics is increasing. Because of this it is a high risk factor. The characterization of the behaviour of plastics while being on fire is of great importance for the practical use of plastic materials. Toxic gases arose during combustion of plastics, that's dangerous for people and environment. Polyester (PES) is one of the most important synthetic polymers. Subject of our examination are nonwoven textiles. They are widely used in many fields such as flat roof insulation. Conversely, it has various disadvantages such as highly flammable combined with dripping, smoking, shrinking effect. For these reasons, it is necessary to improve the anti-dripping and fire retardant properties of textiles, that used in buildings. The flue gas composition, the combustion temperature affect the survival chances in case of fire. The aim is, that analyse flame retardant properties of the polyester geotextiles with LOI. The method provides a classification of the burning behaviour.

## Bevezetés

A poliészter egyike a legfontosabb szintetikus polimereknek. Felhasználása széleskörűen történik, számos helyen alkalmazzák, így az építő-, a textil- és a gépjárműiparban is. Önmagában és keverékként is alapanyaga lehet védőruháknak, mindennapi ruházati termékeknek, ágyneműeknek, kárpitoknak, padlóburkolatoknak [1].

A nemszőtt poliésztertextíliák, beleértve a geotextíliákat is, felhasználása igen széleskörű, többek között az építőiparban lapostetők szigetelése során elválasztó textíliaként és tetőhéjazat alá alkalmazzák. A tetők mindig is kiemelten tűzveszélyes zónája egy épületeknek. A poliészterek gyúlékony anyagok, melyre jellemző az égve cseppegés, füstképződés és zsugorodás [2]. Egy tűzeset során a füstgázok összetétele, az anyag gyulladási, illetve lángterjedési ideje meghatározza a menekülési időt. Felhasználásukat égésgátlókkal teszik lehetővé, amelyek

alkalmazásával késleltetni lehet a meggyulladást, Emiatt szükséges az építőiparban, a lakóépületeken – de bármely más területen is – felhasznált textíliák égésgátló hatásainak a minősítése. Minősítésükre szabványok és rendeletek léteznek. Vizsgálatunk célja a poliészter textíliák égéskésleltetésének minősítése a hagyományos és egy nem szokványos minősítő paraméter, az ún. oxigénindex megadásával. Kérdésként tettük fel, hogy az építőanyagokra vonatkozó EN 13 501-1 követelmény előírásában szereplő EN ISO 11925-2-2002 szerinti vizsgálat elegendő-e. Ugyanis az EN ISO 13501-1 követelményszabvány szerint „B”, „C”, „D” a besorolás, ha 30 másodperc kitétli idő esetén a függőleges lángterjedés mértéke nem haladhatja meg a 150 mm-t 60 másodpercen belül. „E” besorolás, ha ezt 20 mp-en túl 15 mp gyújtási idő mellett teljesíti, „F” besorolás ha ezt 20 mp-en belül 15 mp gyújtási idő mellett teljesíti (MSZ EN 13 501-1) [3].

## A poliészter mint éghető anyag

Az égést a bomlási hőmérsékletre való felmelegedés előzi meg. Ez a polimerláncok felszakadásához vezet, aminek során gázfázisú krakktermékek is felszabadulnak. Az éghető gázok oxidációja exoterm reakció, ami ha meghaladja az endoterm bomlási reakciót, önfenntartó láng kialakulásához vezet [4]. A pirolízis során (600–900 °C) oxidatív körülmények között sok komponensű újrahasznosítható elegyet is kaphatunk.

*A poliészterekre jellemző éghetőségi paraméterek [5]:*

T <sub>g</sub> (lágyuláspont):	85 °C
T <sub>m</sub> (olvadáspont):	255 °C
T <sub>p</sub> (pirolízis/ bomlás kezdeti hőmérséklete):	420–427 °C
T <sub>c</sub> (gyulladáspon):	480 °C
Oxigénindex (LOI):	20–21

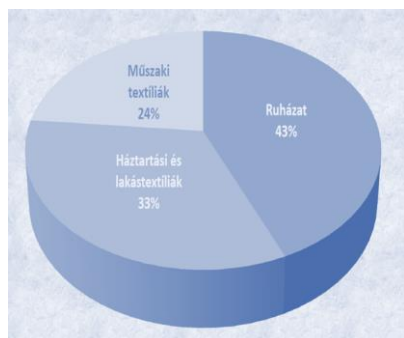
Egy polimer égését több paraméter befolyásolja, de a gyakorlati felhasználás szempontjából ezek közül az égésgátló adalékanyagok hatása a legfontosabb. Az égésgátlószer feladata elsősorban az, hogy megakadályozza egy inkubálódott tűz terjedését, de legalábbis minél jobban késleltesse az égési folyamatot [6].

M.NEISUJST ÉS TÁRSAI [7] ajánlása szerint poliészterek esetén a legjobb tűzgátlók a halogénezett vegyületek, amelyek gőzfázisú fejtik ki hatásukat. A halogéntartalmú égésgátlószerke a polimerek égése során képződő gázfázisú gyököket (aktív H és OH atom- ill. molekulatöredékek) megkötve gátolják a láncreakciót.

\*) Lektorált cikk.

## A poliészterek felhasználási területei

A poliésztert sokoldalúságának köszönhetően széles körben használják. A textiliparon kívül megjelenik a gépjárműiparban, az építőiparban is. Dolgozatunk a műszaki textiliaként való alkalmazását járja körbe. Az 1. ábra mutatja a textiliák felhasználási területének százalékos megoszlását. Az ábra alapján megállapíthatjuk, hogy a műszaki textiliák alkalmazása jelentős területet képvisel a textiliák felhasználása során.



\* 1. ábra. A textiliák fő felhasználási területei [8]

## A geotextiliák alkalmazása és a rájuk vonatkozó előírások

A műszaki textiliák közé tartozó polimerek megtalálhatók az építőiparban, a mezőgazdaság területén, a csomagolástechnikában is [9]. Például az elhasznált PET palackokból visszanyert poli(etilén-tereftalát) gyakran poliészter textilszálak formájában hasznosul és műszaki textiliaként kerül ismét forgalomba [10].

A textilipari eljárásokkal készült geoműanyagokat leggyakrabban poliészterből, polivinilalkoholból és polipropilénből állítják elő. Ennek oka, hogy a szintetikus anyagok nem bomlanak le a földben, szemben a természetes szálasanyagokkal, amelyek viszonylag rövid idő alatt elrothadhatnak a nedves környezetben. A poliészter előnye a nagy szakítószilárdság és kis nyúlás [11]. Fontos tulajdonságuk, hogy hajlékonyak, jól formázhatók és porózusak, átengedik a vizet. Rétegek szétválasztására, az építmény megerősítésére, szűrésre és vízelvezetésre használatosak. A vastag nemszótt kelmék különösen alkalmasak erre [11].

### A nemszótt geotextília

A nemszótt kelmékből készült geotextiliák végtelen vagy vágott polipropilén-, illetve poliészterszálakból, speciális tűnemezelési eljárással készülnek. A gyártás során bizonyos típusok egy- vagy kétoldali hőkezelést kapnak, amely jelentős mértékben növeli a teljesítőképességüket [12].

A nem szótt geotextiliák alkalmazásai [12]:

- elválasztás: út-, vasút- és vízépítési és egyéb alapozási munkák során, a jó minőségű alapozó rétegek, illetve az altalaj és a teherhordó réteggé beépített szemcsés anyagok elválasztására;
- szűrés: szivárgó rendszerekhez;
- védelem: műtárgyak szigetelésének mechanikai védelmére.

### Geotextiliák alkalmazása az építőiparban

A szövött geotextiliának ipari felhasználása jellemző. A szövetstruktúra igen nagy szakítószilárdsága miatt

(20–30 kN/m) ezt inkább talajerősítésre használják, utak és vasúti sínek alatt. Illetve, hogy megakadályozzák rézsűk, lejtős felületek erózióját [13].

A nemszótt textiliák alkalmazására példák:

- szigetelés (hő és zaj)
- tetőszerkezet: süppedés és kompozitok
- akusztikus mennyezetek borítói
- levegő beszívárgási akadály
- párologtató
- padlóburkoló aljzatok
- gipszkarton burkolatok
- csővezeték
- beton formázó rétegek
- alapok és talajstabilizáció
- függőleges vízelvezetés

### Lapostetők és szigetelések

Az alacsony hajlású (max. 8,8%) tetőket nevezzük lapostetőnek. Az országos településrendezési és építési követelményekről szóló 253/1997. (XII.20.) Korm. rendelet (OTÉK) csak a magastetőket definiálja. A lapostetőket tűzvédelmi szempontból az OTSZ két nagy csoportra bontja:

- a 60 kg/m<sup>2</sup> felülettömeg feletti tetőfödémek és
- a 60 kg/m<sup>2</sup>-nél nem nagyobb felülettömegű tetőfödémek térelhatároló szerkezetei.

Lényeges különbség a két szerkezetcsoport között, hogy a 60 kg/m<sup>2</sup> felülettömeg feletti tetőfödémeknél csak a tartószerkezetre vonatkozik a követelmény, a teherhordó réteg feletti egyéb rétegekre nem, a 60 kg/m<sup>2</sup> felülettömeg alatti térelhatároló tetőfödémeknél viszont a komplett rétegrendet kell vizsgálatot minősíteni.

A lapostetők tűzvédelmi előírásai:

Az 54/2014 (XII.05.) BM rendelettel kiadott OTSZ szerint:

32. § (1) KK, MK mértékadó kockázati osztályú épület esetén a legfeljebb 60 kg/m<sup>2</sup> felülettömegű, térelhatároló elemeket is tartalmazó tetőfödém

- a hőszigetelése A1-A2 tűzvédelmi osztályú,
- a csapadékvíz elleni szigetelése A1-E tűzvédelmi osztályú legyen.

(2) KK, MK mértékadó kockázati osztályú épület esetén a tetőszigetelési rendszer Broof (t1) kategóriájú legyen.

(3) NAK, AK mértékadó kockázati osztályú épület esetén a legfeljebb 60 kg/m<sup>2</sup> felülettömegű térelhatároló elemeket is tartalmazó tetőfödém hőszigetelése és a vízszigetelés anyaga A1-E tűzvédelmi osztályú legyen és a tetőszigetelési rendszer Broof (t1) kategóriájú legyen.

A lapostetők tűzvédelmi viselkedését meghatározó tényezők felső tűzhatás esetén: a vízszigetelés, illetve a vízszigetelés és a hőszigetelés együtt, ha a hőszigetelés éghető anyagú. Alsó tűzhatás esetén a tartószerkezeti rendszer.

Könnyűszerkezet esetén:

- a párazáró réteg felületi égéshője
- a hőszigetelés anyaga (A1, A2, B, C, D, E) [3].

### Építési textiliák

Az építési textiliák magukban foglalják mindazokat a textilanyagokat és textil alapú kompozitokat, amelyeket épületek és egyéb műtárgyak, mint gátak, hidak létrehozásánál, javításánál használnak, beleértve az ideiglenes épületeket, nagyméretű sátrakat, felfújható szerkezeteket, valamint az épületek tartozékaként szereplő napvédő textiliákat is. Az építészetben használt textiliákat

## I. A vizsgálati minták és jellemzőik

Minta	Szín	Vastagság mm	Területi sűrűség g/cm <sup>2</sup>	Alapanyag	Termofixált felület
G1	fehér	5	1000	100 % Flame retardant PES	igen
G2	fehér	1,6	300	100 % Flame retardant PES	igen
G3	fehér	2,8	300	100 % Flame retardant PES	nem
G4	fehér	1,2	200	100 % Flame retardant PES	igen
G5	fehér	1,6	300	98 % PES, 2 % PA (poliamid 6)	igen
G6	fehér		300	100 % Flame retardant PES	igen
G7	fehér		500	100 % Flame retardant PES	igen
G8	fehér	5	1000	100 % Flame retardant PES	igen
G9	fehér		300	100 % PES	nem
G10	fehér	5	1000	100 % PES	nem
G11	barna		300	100 % PES	nem
G12	fekete	1,38	500	100 % Flame retardant PES	igen

FR = Flame retardant (lángálló)

egyre több helyen alkalmazzák. A textilanyagokat a könnyű súly, a jó mechanikai tulajdonságok, jó deformitás, a rugalmasság és a vegyi anyagokkal, a levegőszennyezéssel szembeni ellenállás teszi alkalmassá az építőipari felhasználásra. Az építőiparban használt textiltermékek az alábbi funkciókat teljesítik [14]:

- falak, homlokzatok erősítése,
- betonerősítés, vakolaterősítés,
- tetőszigetelés, vízzárás,
- hő- és hangszigetelés,
- tűzgátlás.

Falak, homlokzatok erősítésére végtelen üvegfonalból készített szövetet, láncrendszerű kötött, vagy újabban nemszőtt kelmét használnak. Fontos alkalmazás a műemlékek, illetve általában a régi épületek megerősítése textilerősítésű műanyaggal, ami lényegesen rövidítheti és gazdaságossá teheti a felújításokat. Ennél a technológiánál gyakran használnak szénszálat erősítésre. Jelentős fejlesztési munka folyik a textilanyagoknak a beton erősítésére való felhasználására vas helyett. Textilerősítést használva jelentős súlymegtakarítás érhető el. Ez nemcsak a textilanyagnak a vasnál kisebb fajsúlyán alapul, hanem a falvastagság is csökkenthető, mivel nincs szükség a vas rozsdásodás elleni védelmére érdekében alkalmazott betonrétegre. A textilerősítésű betonelemek könnyű, vékonyfalú változatok formájú betonelemek lehet előállítani, ami új alkalmazásokat nyit meg [14].

## Vizsgálati minták

A SZIE Ybl Kar tűzvédelmi laboratóriumában vizsgált anyagokat egy magyar gyártó cég bocsátotta rendelkezésünkre. A poliészter-geotextília minták gyári jellemzőit az I. táblázat mutatja be.

## A vizsgálati módszerek kiválasztása

1. Ha követelmény az Euroclass B, C, D, E osztály (EN 13 501), akkor kötelezően alkalmazni kell a függőleges lángterjedés sebességének mérését az MSZ EN ISO

11925-2:2011 Tűzveszélyességi vizsgálatok. Építési termékek gyúlékonysága közvetlen lánghatásra. 2. rész szerint: gyújtás: 15 ill. 30 másodperc folytatólag (a szabvány 7.4.1 és 7.4.2 pontjai szerint). A vizsgálat során megállapítjuk, hogy bekövetkezik-e gyulladás, van-e lángterjedés a felületen, és mikor éri el a 150 mm-es távolságot, illetve a lehulló égő részecskék, olvadákcseppek meggyújtják-e a próbatest alatt – a cseppfogó tálcában – elhelyezett szűrőpapírt. A módszer fontos a B, C, D, E, B fl, C fl, D fl, és E fl osztályokba soroláshoz.

2. Az oxigénindex (LOI) megadása. – Az oxigénindex megadása egyre inkább fontosabbá és elterjedtebbé válik a késztermékek minősítésére. A nagyobb műanyaggyártó cégek már nem csak a kötelező CE paramétereket adják meg, hanem emellett a neméghetőséget, illetve az égésgátolt tulajdonságokat LOI értékek megadásával is igazolják, mint pl. az elektromos kábelburkolatok esetében. A LOI alkalmazását az is indokolja, hogy olyan rejtett éghetőségi tulajdonságokat lehet kimutatni és ezzel a mintákat összehasonlítani, amelyet egy normál levegőben való lángterjedés nem mutat ki [15].

Az oxigénindex szabványos mérésére vonatkozó szabványok:

Az MSZ EN ISO 4589-1:2017 meghatározza az oxigénindex (OI) vizsgálat általános követelményeit, amelyeket az ISO 4589-2 és az ISO 4589-3 az alábbiak szerint ír le:

- Az ISO 4589-2 egy módszert ír le az oxigén minimális térfogat-frakciójának meghatározására a keverékben 23 °C ± 2 °C hőmérsékleten bevezetett oxigén és nitrogén esetében, amely csak egy adott anyag égetését támogatja meghatározott vizsgálati körülmények között.

- Az ISO 4589-3 olyan módszereket ír le, amelyek ugyanolyan meghatározást tesznek lehetővé a 25 °C és 150 °C közötti hőmérséklet tartományon belül (bár akár 400 °C-ig is használható).

A mérések részletes leírása korábbi munkáinkban megtalálható [15] és [4].

## Égetési kísérletek

### Függőleges lángterjedés

A vizsgálat megkezdése előtt a rendelkezésre álló minta anyagokból 10×10 és 10×30 cm-es mintákat vágunk (1. kép). A méretre szabott mintákat a vizsgálóberendezés keretébe illesztjük.

A mintákon szélgyújtást és felületgyújtást is vizsgálunk. A gázégő lángja 38 mm lángot állítunk be. A gyújtási idő először 15 mp, ha nem marad fenn az égés, további 15 mp. Azt az időt mérjük, amikor a beégés (a károsodás mértéke) az első és második jelet eléri 150 mm távolságban (2. kép). Ha az égés megszűnik a második jelet elérés előtt, az ehhez tartozó beégési hosszát és eltelt időt mérjük le. Ha az égés nem éri el az első jelet a minta az önkkioltó minősítést kapja.

### A vizsgálatok látható eredményei

Az átégések, a beégési hossz, és az olvadás, csepegés azok a paraméterek, amelyeket szabvány szerint fel kell jegyezni, vagyis mindazok a jelenségek, amelyeket egy minta károsodása mutat. Így a gyors összehasonlításra könnyen van lehetőség.

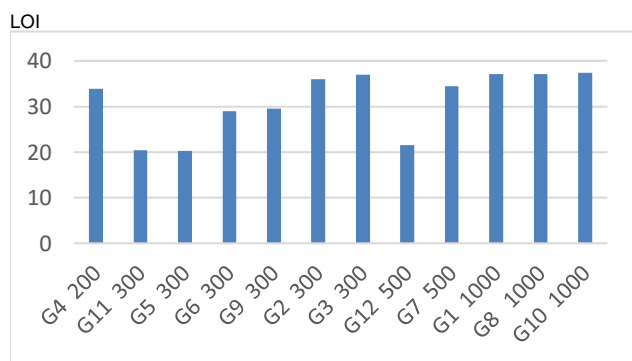
Az 5. kép a G11 minta az oxigénindexes vizsgálatának folyamatát ábrázolja, a 6. képen a mérés eredményével.

### Az oxigénindex (LOI) vizsgálat eredményei

Az égetések eredményeit a II. táblázatban foglaltuk össze, így hamar átlátjuk a lángterjedés az olvadási jelenségeket és LOI közötti kapcsolatot.

A tesztek során az alábbiakat figyeltük meg:

A lángterjedésnek a G5 és G9 kivételével mind megfeleltek. A G1–G4, G6–G8 és G10–G12 minták mind a szélgyújtás, mind a felületgyújtás vizsgálatokon megfeleltek. A G5 és G9 minták esetében a szélgyújtást követően a láng 20 mp-en belül elérte a 150 mm-es jelet. Mivel a szélgyújtáskor a minta nem felelt meg, a felületgyújtásra már nincs szükség e két minta esetében. De ha az egyéb tulajdonságot is nézzük, akkor a legszigorúbb követelményt már csak a G1, G8 és G10 jelű minták 37 feletti LOI-val teljesítik. Érdekes kiemelni, hogy ezeknek a kelméknek a területi sűrűsége a legnagyobb: 1000 g/m<sup>2</sup>. A G1–G4 és G6–G10 minták vizsgálatakor füst nem volt jellemző, de olvadék keletkezik. Jellemző az olvadék okozza a továbbégés. A G5, G11 és G12 minta meggyújtásakor erős füst tapasztalható, viszont olvadék nincs. Egyes minták esetében a vizsgálat során a textúra egyenetlensége mutatható ki, ugyanazon minta eltérő eredményt produkált. Ha a területi sűrűséget nézzük, milyen hatása van az éghetőségre, az a 2. ábra alapján értelmezhető.



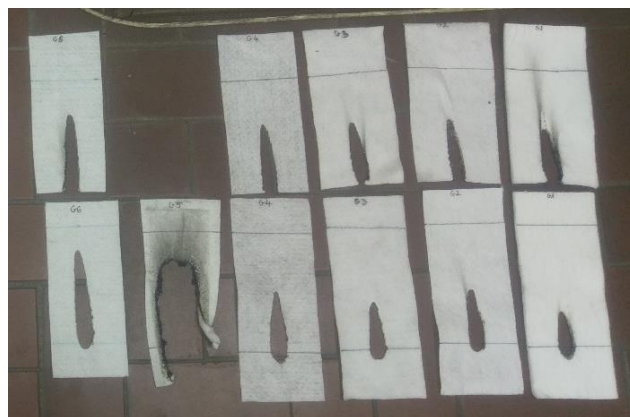
2. ábra. A területi sűrűség (tömörség) hatása az oxigénindexre



1. kép. A minták előkészítése a lángterjedési teszthez



2. kép. A függőleges lángterjedési sebességet vizsgáló berendezés és a minták égése szélgyújtás esetén



3. kép. A G1–G6 minták károsodása szél- és felületi gyújtás után



4. kép. A G7–G12 minták károsodása szél- és felületi gyújtás után

### Az eredmények értékelése

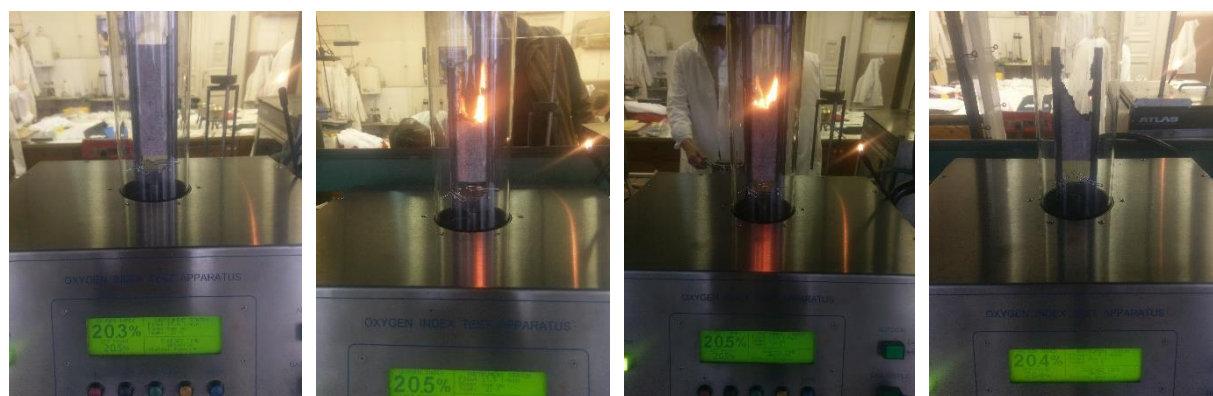
Mint az égetési eredményekből látszik nincs egyértelmű összefüggés az anyag fizikai és kémiai összetétele



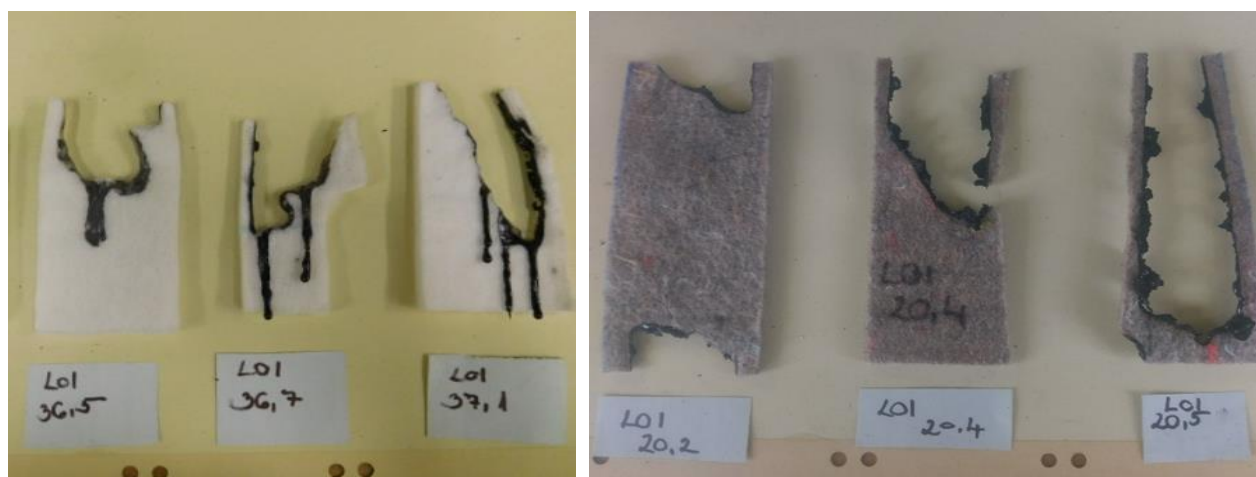
II. táblázat. Égetési tesztek eredményei és megfigyelések

Minta	Területi sűrűség g/cm <sup>2</sup>	LOI	Füstképződés (szemrevétel)	Olvadék	Szélgyújtás	Felületi gyújtás	Megj. (gyári adat)
G1	1000	37,1	nincs	erősen olvad	megfelelt	megfelelt	
G2	300	36	nincs	erősen olvad	megfelelt	megfelelt	
G3	300	37	nincs	erősen olvad	megfelelt	megfelelt	
G4	200	33,9	nincs	erősen olvad	megfelelt	megfelelt	
G5	300	20,2	erős füst	olvadék nincs	nem felelt meg	nem felelt meg	
G6	300	29	nincs	erősen olvad	megfelelt	megfelelt	
G7	500	34,5	nincs	erősen olvad	megfelelt	megfelelt	
G8	1000	37,1			megfelelt	megfelelt	nem FR
G9	300	29,5			nem felelt meg	nem felelt meg	nem FR
G10	1000	37,4			megfelelt	megfelelt	nem FR
G11	300	20,4	nincs	erősen olvad	megfelelt	megfelelt	
G12	500	21,5	nincs	erősen olvad	megfelelt	megfelelt	

FR = Flame retardant (lángálló)



5. kép. A G11 minta vizsgálatának lépései

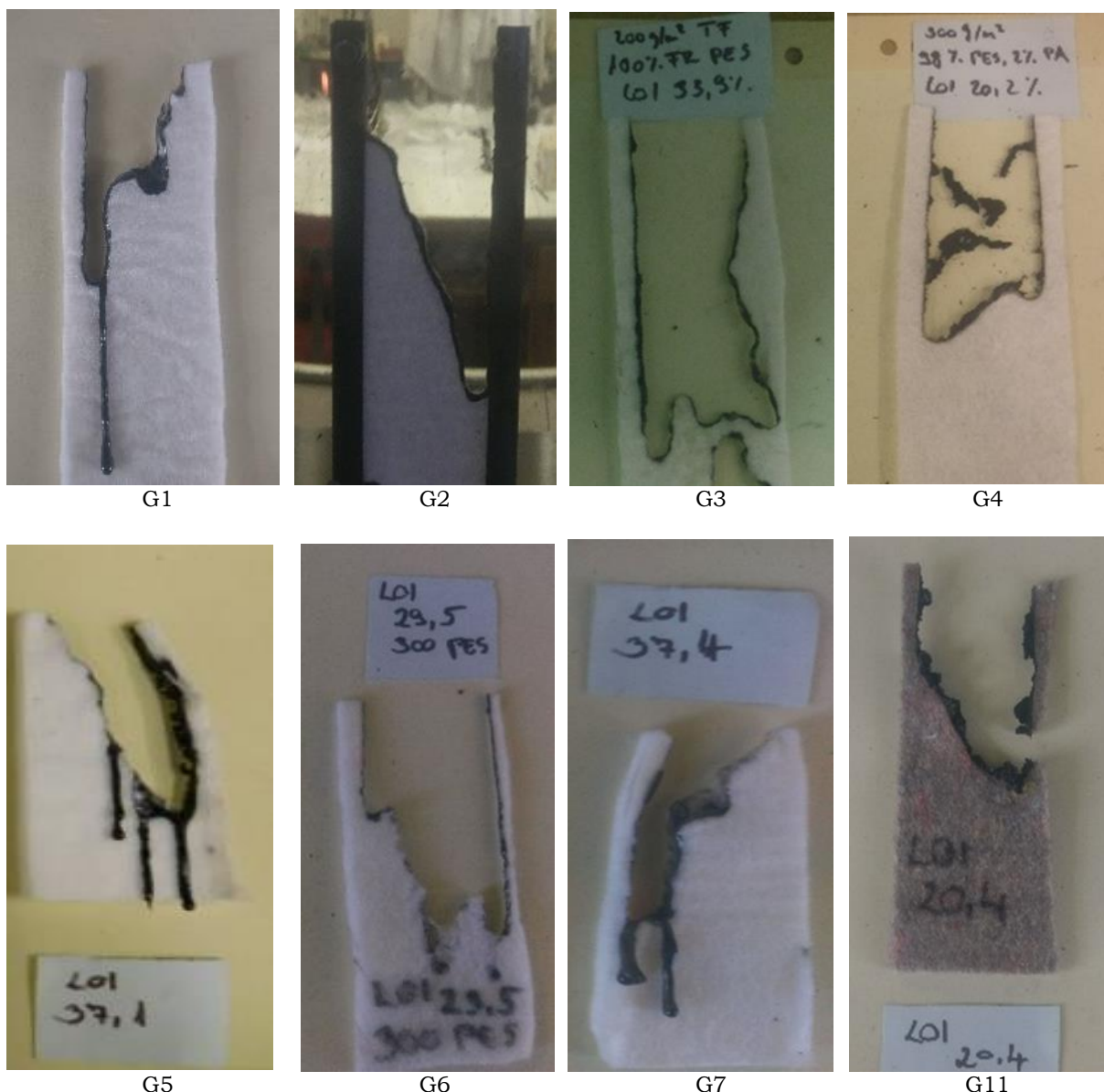


6. kép. A G8 és G11 minta károsodása különböző oxigéntartalomban égetve

(FR) között. Ezt a bonyolult mátrix paramétert egy megnövelt oxigéntartalomban való égés teheti alkalmassá, hogy biztonságosabban adhassuk meg egy anyag való éghetőségi viselkedését. Az erősen kormozó füstöt adó minták (G5, 11, 12) LOI értékei 30 alattiak, de ugyanakkor lángterjedésnek megfelelnek. Ezeket valóságos égési

körülmények között mégsem tekintjük tűzbiztonságosnak. A 34–37 LOI értékkel rendelkező poliészterek (tömlő, 1000 g/m<sup>2</sup> területi sűrűséggel, önkioltó égéssel) már biztonsággal alkalmazhatók épületek anyagaiként.

Az önkioltó, csekély lángterjedés még nem jelent elegendő információt, az oxigénindex megadása jelenti a



7. kép. Minták károsodása különböző oxigéntartalomban égetve

teljes biztonságot. A „kislángos teszt” valóságban is kis lángthatás, ami egy tűz esetén nem mutatja a valóságos hőterhelést. Ezt pótolhatja egy megnövelt oxigéntartalomban való égés.

## Irodalom

- [1] A.A. Younis, Kh. El-Nagar, M.A. Nour [2013] Part I: Characterization of Flammability Behavior of Polyester Fabric Modified with Sol-Gel, in International Journal of Chemistry Vol. 5 pp. 38–46.
- [2] A.A. YOUNIS [2016] Evaluation of the flammability and thermal properties of a new flame retardant coating applied on polyester fabric, in Egyptian Journal of Petroleum Vol. 25, pp. 161–169
- [3] MSZ EN 13501-1: 2010, Épületszerkezetek és építési termékek tűzvédelmi osztályozása. 1. rész: Osztályba sorolás a tűzveszélyességi vizsgálatok eredményeinek felhasználásával
- [4] Kerekes Zs, Lublőy É, Restás Á [2016] Az oxigén index (LOI) alkalmazásának lehetőségei a tűzvédelmi minősítésekben, Védelem Magazin, 2016. október I. évfolyam, 3. szám
- [5] Prateek S. and Saurabh M. T. [2015] Fire Retardant Finishes, [http://www.technicaltextile.net/articles/protective-clothing/detail.aspx?article\\_id=4776](http://www.technicaltextile.net/articles/protective-clothing/detail.aspx?article_id=4776), kereső: Google kulcsszavak: fire retardant textil, letöltés: 2017.12.19.
- [6] Éghetőségi vizsgálatok, Polimerek éghetősége, Budapesti Műszaki Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék, Laborgyakorlat jegyzet, [http://www.pt.bme.hu/futotar-gyak/62\\_BMEGEMTMK02\\_2017tavaszi/Eg-het%C5%91s%C3%A9g-vizsg%C3%A1lat%20laborsegedlet.pdf](http://www.pt.bme.hu/futotar-gyak/62_BMEGEMTMK02_2017tavaszi/Eg-het%C5%91s%C3%A9g-vizsg%C3%A1lat%20laborsegedlet.pdf) kereső: Google kulcsszavak: oxigénindex, letöltés: 2017.12.19.
- [7] M.NeisiusT. StelzigS. LiangS.Gaan: Functional Finishes for Textiles, Improving Comfort, Performance and Protection, Woodhead Publishing Series in Textiles, 2015, Pages 429–461. Chapter14 - Flame retardant finishes for textiles
- [8] Lázár Károly [2016] A textilipar fejlesztési irányai a 2015. évi TECHTEXTIL és ITMA tükrében, <http://tmte.hu/userfiles/tmte/Techtextil%20%20ITMA%202015.pdf>, kereső: Google kulcsszavak: techtextil, műszaki textília, letöltés: 2018.05.30
- [9] Lázár Károly [2011] Techtextil, Texprocess és társaik, Magyar Textiltechnika, 2011. március, LXIV. évfolyam, pp. 108
- [10] Lázár Károly [2012] Textil szerkezeti anyagok, Gyártás Trend, 2012. november, 11. szám, pp 55–56,

- [http://www.lazarky.hu/08pub/GyT2012\\_11.pdf](http://www.lazarky.hu/08pub/GyT2012_11.pdf), kereső: Google kulcsszavak: műszaki textil, letöltés: 2018.05.29.
- [11] Lázár Károly [2008] Geotextiliák, Textil Fórum, 2008. szeptember 15., 360. szám, pp 6-7, <http://www.lazarky.hu/08pub/TF360.pdf>, kereső: Google kulcsszavak: geotextil, pdf, Lázár Károly, letöltés: 2018.04.12.
- [12] Viacon Hungary Kft [2018], Termék leírás, <http://viacon-hungary.hu/termek/geotextiliak>, kereső: Google kulcsszavak: geotextília, letöltés: 2018.04.12.
- [13] Dósa Zoltán [2017] Egy textil a házban, a geotextília, <http://www.csaladihaztervezes.hu/Nyito/egy-textil-a-hazban,-a-geotextilia>, kereső: Google kulcsszavak lapostető, zöldtető letöltés: 2018.05.28.
- [14] Máthé Csabáné, Lázár Károly, Szabó Rudolf, Szollár Edina, Tálos Jánosné, dr. Való Gábor [2009] NEMZETI TECHNOLÓGIAI PLATFORM A TEXTIL- ÉS RUHAIPAR MEGÚJÍTÁSÁÉRT, Új textilalkalmazási területek, műszaki textilek <http://docplayer.hu/1177187-Uj-textilalkalmazasi-teruletek-muszaki-textilek.html> 2009. október kereső: Google kulcsszavak: műszaki textil pp 9-10 letöltés: 2018.05.04.
- [15] Kerekes Zsuzsanna: Oxigén index (LOI) jelentősége a textiliák tűzvédelmi minősítésében, Magyar Textiltechnika LXXII. évf. 2019/3 pp. 2–5.