

A személygépjármű-motorburkolat égése során felszabaduló gázok vizsgálata

A modern járműiparban már nem ritka, hogy a korábban fémből készült alkatrészeket műanyagból készültek váltják fel. Ennek oka a költséghatékony előállítás, a könnyű szerkezet és a gyors utánpótlás. A járművekkel kapcsolatos tüzek vizsgálata összetett kérdéskör, a környezetre gyakorolt hatásokat pedig csak kevesen kutatják. Ebben az írásban egy motortérben alkalmazott műanyag burkolat égésének laboratóriumi vizsgálatát mutatom be, amelyet a motortérbe különböző funkciók ellátása céljából helyeznek el. Az égési gázokat összegyűjtöttem, és gázkromatográfiával értékeltem. Az eredmények azt mutatják, hogy a műanyagborítás égése során felszabadult gázok súlyosan károsak lehetnek a közvetlen környezetre. Ez a cikk tartalmazza a mintavétel módszerét, magát a kísérletet és az eredményeket.

Kulcsszavak: motorburkolat, műanyag, égésgázok, gázkromatográfia, káros gázok

EXAMINATION OF RELEASED GASES DURING THE COMBUSTION OF A PASSENGER CAR ENGINE COVER

Plastic is the most commonly used material in modern vehicle industry. Nowadays, it is not rare that parts previously made from metal are replaced by plastic ones. This is due to cost-effective production, light structure and fast supply. The investigation of vehicle-related fires is a complex issue, and currently environmental effects are out of the research focus. In this paper, I present a laboratory investigation of the combustion gases of a plastic cover used in the engine compartment, which is placed to improve the aesthetics of the engine bay. The combustion gases were collected and evaluated by gas chromatography. The results show that the gases released during the burning of the plastic cover can be seriously harmful to the immediate environment. This article includes the sampling method, the experiment itself, and the results.

Keywords: engine cover, plastic, combustion gases, gas chromatography, harmful gases

¹ Doktorandusz, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, e-mail: pappcsenge1996@gmail.com; ORCID ID: 0000-0002-4950-2461.

Bevezetés

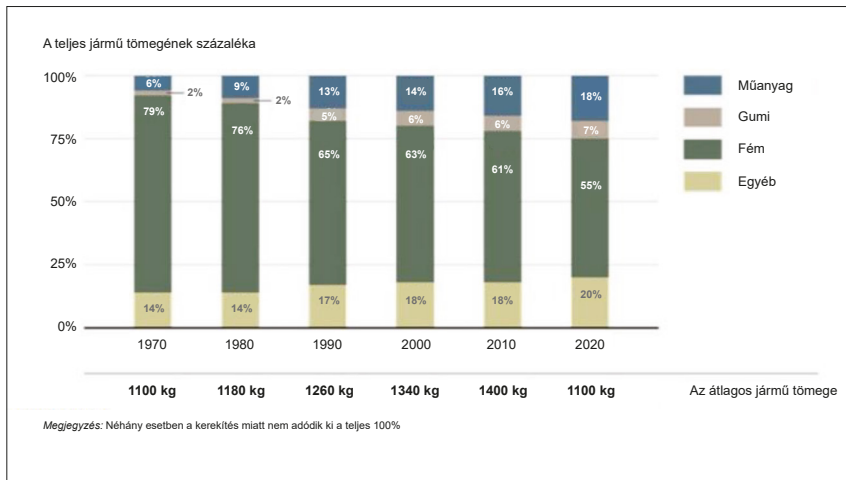
Az autóiparban a különböző méretű és típusú járművek gyártásához sokféle anyagot lehet felhasználni. Az alumínium, az acél, a gumi, az üveg, a réz és a bőr volt a hagyományos beépített anyag. A fejlődés hatására azonban a gyártók új anyagokat fejlesztettek ki. A műanyagok széles körű elterjedése az idők során utolérte a járműgyártást is. Már régóta alkalmaznak műanyagot különböző funkciókkal rendelkező belső és külső burkolathoz, az ülések szerkezeti alkotóelemeiként, támláihoz, az ülőfelület borításához, a kormányhoz, az ajtópanelekhez, az ablaktörlőkhöz, a fényszórókhoz és a lökhárítókhoz. Jól látszik a felsorolásból, hogy a karosszéria és az utastér egyes elemei és a segédberendezések is ebből a mindenre használható anyagból készülnek. Korábban például a lökhárító is a karosszéria anyagából, azaz alumíniumból épült fel. A beltérben inkább a fém- és a faburkolatok domináltak, míg a segédberendezések, mint a már említett ablaktörlő szerkezet is, alumíniumból készültek. Gyakori volt az üveg alkalmazása fényszórók és szélvédők gyártásakor, ma már ezeknél is a műanyag vette át a szerepet.² A hagyományos anyagok műanyagra cserélésének okai a következőkben fogalmazhatóak meg: csökkentett tömeg és üzemanyag-fogyasztás, könnyű tervezhetőség és gyárthatóság. Az autógyártók a műanyagok használatával csökkenthetik az autók tömegét, ami segít csökkenteni az üzemanyag-fogyasztást és ennek eredményeképp a károsanyag-kibocsátást. Ez a legfontosabb célkitűzése a modern járműgyártásnak. Idetartozik még a gyártás költségcsökkentése. A műanyagból készült alkatrészek, elemek gyártása általánosan olcsóbbnak mondható, mint a hagyományos anyagokból készülteké. A műanyagból készült alkatrészek tervezhetősége kedvezőbb, mivel jól formázhatóak, így a gyártók sokkal több lehetőséget kaphatnak az autók külső és belső elemeinek megtervezésére, a bonyolult formák kivitelezésére, és ehhez újabb, korszerűbb gyártási technológiákat is alkalmazhatnak.³

Az 1. ábrán jól látható, hogy az évtizedek során milyen arányban építik be az autóiparban használt főbb anyagokat.

Jelentősen megnövekedett a műanyag alkalmazása, a 2020-as években már a jármű tömegének 18%-át teszi ki. Várhatóan ez a tendencia hasonlóan fog alakulni az elkövetkezendő évtizedekben is, hiszen az autóiparban folyamatosan fejlesztik és kutatják az új műanyagtípusokat és a hozzájuk tartozó gyártási

² OMAR–TÓTH 2021.

³ KUMAR 2015; KRAWCZAK 2021.



1. ábra. A járművekbe épített anyagok tömegének aránya
 Forrás: LEE–FLANIGEN 2012 alapján a szerző szerkesztése

technológiákat. Azonban azzal csak ritkán foglalkoznak, hogy a járműbiztonságra, különösképpen a járműtüzekre a műanyagok széles körű alkalmazása milyen hatással van. Kutatómunkám célja azonosítani a műanyag égése során keletkező káros égésgázokat, és rávilágítani azok környezetkárosító hatásaira.

A járművek tűzbiztonsága

A mobilitás a modern társadalom egyik legfontosabb alappillére. Ez arra enged következtetni, hogy a forgalomban részt vevők számával együtt a balesetek száma is nő. A közúti közlekedésben a biztonság növelése a gyártók egyik fontos célja. A gépjárművek műszaki biztonságát a balesetek valószínűségének csökkentése és a vészhelyzetben való vezetéstámogatás adja. Ehhez járulnak hozzá az ún. aktív és passzív biztonsági rendszerek. Az aktív biztonsági rendszerek közé tartoznak a vezetést támogató rendszerek és eszközök, például kamerák, radarok, vészfékasszisztens stb. Míg a passzív biztonságot a jármű tulajdonságai és biztonsági berendezései adják, például fékek, biztonsági öv, gyűrődési zóna stb. A műanyag-felhasználás nagyban befolyásolhatja a járművek passzív biztonságát, a karosszériát felépítő elemek megbízhatóságának kérdése kulcsfontosságú

lehet baleset bekövetkeztekor.⁴ Kevésbé vizsgált téma azonban a járművekkel kapcsolatos tüzeseteké, azok hatásai az utasokra vagy akár a környezetre. Sajnos még a hagyományos belső égésű motorral szerelt járművek tüzeiről és környezeti hatásairól is csak csekély elérhető kutatás van. Ez összetett téma, ugyanis a gyakorlatban a tűz eredetének már a megállapítása is igen nagy kihívást jelent. Először is ismerni kell a tűzben érintett anyagokat. A meghatározások elvégzése során ismerni kell ezeknek az azonosított anyagoknak a tulajdonságait, mint a gyulladási hőmérséklet, a lobbanás- és olvadáspont vagy a gyúlékonysági hajlam. A tűzről elmondható, hogy az esetek nagy többségében a forró motortérből indul ki, hagyományos meghajtást tekintve. Amikor egy jármű már ég, a nagy károk igen rövid időn belül bekövetkeznek, és a tűz minden elemre áttérjedhet. Általában 10-15 percen belül jelentős pusztítást okoz, és gyakran megsemmisülnek azok a bizonyítékok, amelyek rávilágítanak a tűz okára. Sajnos ilyen rövid időn belül a tűzoltók és egyéb beavatkozók sem érkeznek ki a helyszínre, vagy ha mégis, az oltás megkezdéséhez további időre van szükség.⁵ Előfordulhat, hogy maga az oltás sem lehetséges, például hibrid vagy elektromos jármű égésekor, mert a tűz már olyan nagy felületre terjed ki, vagy az elektromos kábelek és berendezések hatástalanítására sincs lehetőség. Ilyenkor a teljes jármű kiéghet. Egy amerikai kutatásból kiderült, hogy a tüzek 62%-a kifejezetten a jármű motorjára, futóművére vagy kerékfelületeire vezethető vissza. A második leggyakoribb, pontosan 12% az utastérből kiinduló tűz. Tehát a legtöbb tűz a motortérben keletkezik.⁶ Ez igaz az autókra, a teherautókra és a nehézgépekre egyaránt. Az alkatrészek elrendezésének és elrendezésük sűrűségének előzetes ismerete segít megérteni, milyen gyorsan terjed a tűz, melyek azok az anyagok, alkatrészek, amelyek táplálták az égést. A modern járművek motorterében is sok műanyagból készült alkatrész található, amelyek egyszeri meggyulladását követően gyorsan továbbterjednek a tüzek. Mivel már korábbi, megjelenés alatt lévő írásomban én is összegeztem és mások tudományos tapasztalatai is arra világítanak rá, hogy a járműtüzek nagy része a motortérben keletkezik, ezért választottam egy motorburkolatot, hogy égése során azonosítsam a felszabaduló gázokat, mert az ebből levont következtetések általánosak lehetnek más járműtípusoknál is.⁷

⁴ KERTÉSZ–KOVÁCS 2022.

⁵ KANYÓ 2018.

⁶ HIGGINS 2012.

⁷ SMYTH–DILLON 2012.



2. ábra. A vizsgálatban használt motorburkolat

Forrás: a szerző felvétele

A vizsgált minta bemutatása

A vizsgálatban részt vevő motorburkolat a motor tetején helyezik el. Manapság egyre nagyobb divat az egész motorteret egybefüggő műanyagburkolattal lefedni, így eltakarva a szem előtt lévő alkatrészeket, tehát célja az esztétikus megjelenés. Ezenkívül más feladata is lehet, a márkaszervizek plombával jelölik meg ezt a burkolatot, hogy a motortérben csak hivatalos szakember végezhesen munkálatokat. A motorból kijövő zajok csökkentése érdekében is alkalmazzák, továbbá megvédi a szelepvezérlés elemeit a motortérbe kerülő portól és nedvességtől. A korábbi típusokban ez nem volt bevett gyakorlat, inkább a német márkákra volt jellemző. Így esett választásom a Golf III Cabriolet 1997-ben gyártott személygépjármű burkolatára.

A burkolat anyaga ismert, a hátoldalon szereplő PP GF30 szabványos jelölés alapján. Ez 30%-ban üvegszállal megerősített polipropilén típusú műanyag. Ismérve, hogy az üvegszálas megerősítés növeli az anyag szilárdságát

és merevségét, miközben javítja ütésállóságát és hőtűrő képességét. Emiatt a PP GF30 anyagot gyakran használják az autóiparban, az elektronikai iparban és más olyan iparágakban is, ahol szilárdságra és merevségre van szükség. A burkolatból egy 100×100 mm nagyságú, 30 g mért tömegű mintát kellett előkészítenem.

A vizsgálat bemutatása

A vizsgált minta égésgázkomponenseinek meghatározásához gázkromatográfiás módszert alkalmaztam. A gázkromatográfiás vizsgálatot emissziós mintavételezés előzi meg, amely a szennyező vegyületek kibocsátásának helyén, zárt terű vegyifülkében történt. Számításba kell venni a vizsgálatot befolyásoló tényezőket, úgymint a légköri nyomást, a hőmérsékletet és a páratartalmat, hogy a füsttel szennyezett levegőben lévő anyagokat megállapítsuk.

1. táblázat. A vizsgálatot befolyásoló tényezők

β	1013 hPa
T_0	273 K
P	1011,38 hPa
T	292 K

Forrás: a szerző szerkesztése

A mintavétel során egy hordozható vákuumszivattyú rövid csőrendszeren keresztül szívja be az égési folyamatból származó különféle gázokat. A csőrendszer része egy speciális SKC Anasorb CSC típusú aktívszemes mintatároló üvegcső. Ez a hordozható szivattyú előtt helyezkedik el, így az égés során keletkező füst minden vegyülete ebbe a tárolóba kerül. A vizsgálatot, azaz a füst szívását célszerű 3–5 perc közötti időtartamig végezni, hogy a mintagyűjtőbe elengedő anyag kerüljön a kiértékelhetőség miatt. Ezen levett minták előkészítése után kerülhet sor a gázkromatográfiás vizsgálatra. A gázkromatográfia (*Gaschromatography*; a továbbiakban: *GC*) termikusan stabil, illékony, szerves és szervetlen vegyületek elválasztására szolgáló eljárás, így ez kiválóan alkalmas a szénhidrogének és származékaik, valamint a környezetszennyező anyagok meghatározására. Elvét tekintve a GC-s elválasztási technika során nincs kölcsönhatás a minta és az inert vivőgáz között. Ez a vivőgáz a működés során állandóan áramlik, ájtuttatva az oszlopon/kolonnán a gőzállapotú komponenseket, így létrehozva



3. ábra. A mintavételezés bemutatása

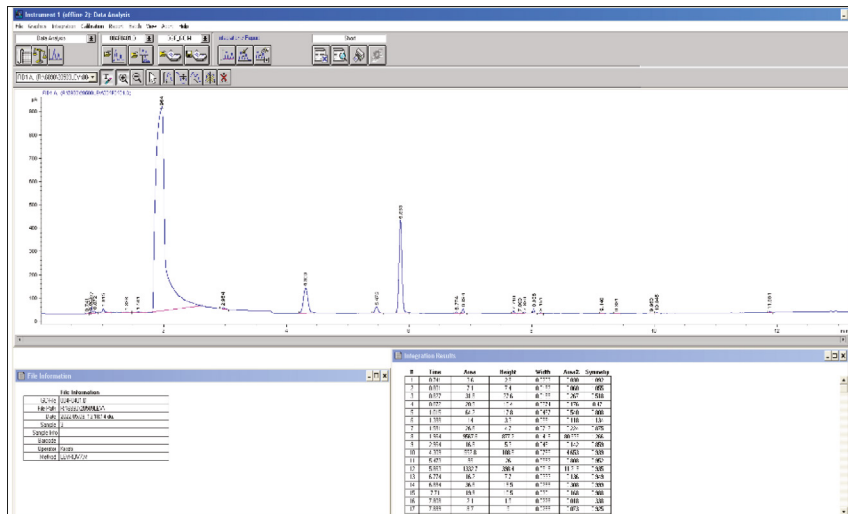
Forrás: a szerző felvétele

az elválasztást, majd a mintát a detektorba továbbítja. Az eljárás során a leggyakrabban alkalmazott detektortípusnak a lángionizációs detektor (*Flame Ionization Detector; FID*) mondható. Felépítését tekintve ez egy elektród pár mellé helyezett, hidrogén- vagy sűrítettlevegő-eleggyel táplált mikroégő. Az oszlopot elhagyó komponensek a detektorlángba jutva többlépéses reakcióban, oxigén közreműködésével ionizálódnak.⁸ Az ionok hatására az elektródok között áram folyik, ami mérhetővé válik. A detektor által előállított és továbbított jel teszi lehetővé az elválasztott komponensek azonosítását és mennyiségi meghatározását.

A gázkromatográfiás vizsgálat eredményei

A begyűjtött minták kiértékelése Agilent Technologies 6890N Network GC rendszeren történt. A fenti módszer szerint elválasztott komponensek detektorjel-idő

⁸ KUZMA et al. 2014.



4. ábra. *A műanyag burkolat kromatogramja*

Forrás: a szerző felvétele

függvényét kromatogramnak nevezzük. A kromatogram fő jellemzője a retenció idő (a minta adagolásától az alkotó maximális koncentrációjának megjelenéséig eltelt idő) és a csúc alatti terület, amelyek segítségével számolható a koncentráció.

A 4. ábrán látható kromatogram alapján azonosíthatóak a különböző, jelen lévő vegyületek, amelyek koncentrációját a levegőben mg/m³-ben határoztam meg az (1) képlet szerint az MSZ EN 13649:2002 szabvány alapján:

$$c_i = \frac{m_i}{v_{cor}} \times 1000 \quad (1)$$

ahol c , a vegyület koncentrációja a gázmintában [mg/m^3], az m , a vegyület tömege a gázmintában [mg]; v_{cor} a minta térfogata normál állapotban (273 K és 1013 hPa) száraz gázra vonatkoztatva. A normál állapotú minta koncentrációjának meghatározása a (2) képlet szerint történt:

$$v_{cor} = V \times \frac{p_0}{p} \times \frac{T}{T_0} \quad (2)$$

ahol V a száraz gázminta mért térfogata, p a mintavevő levegő nyomása [hPa], $p_0=1013$ hPa, T pedig a véggázminta tényleges hőmérséklete [K], $T_0=273$ K.

2. táblázat. A jelen lévő vegyületek tömegadatai

Mért adatok	
A száraz végű gázminta mért térfogata [l]	2,000
A minta levegő nyomása [hPa]	1011,380
p_0 [hPa]	1013,000
T_0 [K]	273,000
A véggáz tényleges hőmérséklete [K]	292,000
m_{benzol} [mg]	0,005
m_{etanol} [mg]	0,007
m_{ciklotol} [mg]	0,007
$m_{\text{izopropanol}}$ [mg]	0,009
$m_{\text{terc-butanol}}$ [mg]	0,009
$m_{\text{izobutil-acetil}}$ [mg]	0,013
$m_{\text{izosamil-metil-keton}}$ [mg]	0,003

Forrás: a szerző szerkesztése

A minta térfogata (V_{cor}) literben, normál állapotban, $p_0=1013$ hPa és $T_0=273$ K mellett, száraz gázra a (3) számítás alapján adódik.

$$v_{\text{cor}} = V \times \frac{p_0}{p} \times \frac{T}{T_0} = 9 \times \frac{1013}{1011,38} \times \frac{292}{273} = 9,64 \text{ l} \quad (3)$$

Ezt követően már visszahelyettesíthető az összes vegyület tömege és a minta térfogata az (1) képletbe, amelyből kiadódik a koncentráció. A következő táblázat

tartalmazza ezeket a számolt értékeket, amely jó összehasonlítási alapot adhat a továbbiakban.

3. táblázat. *A jelen lévő vegyületekhez tartozó koncentrációk*

<i>Koncentrációk [mg/m³]</i>	
C_{benzol}	0,9336
C_{toluol}	0,7260
C_{xilolok}	0,7260
$C_{\text{izopropanol}}$	0,9336
$C_{\text{terc-butanol}}$	0,9336
$C_{\text{izobutil-acetát}}$	0,1349
$C_{\text{izosamil-metil-keeton}}$	0,3420

Forrás: a szerző szerkesztése

Fontos megjegyezni, hogy ezek a koncentrációk a 100×100 mm nagyságú és 30 g mért tömegű minta égési folyamata során a levegőbe kerülő vegyületek értékeit adják meg. Érdekes azonban visszatekinteni az 1. ábra oszlopdiagramjain feltüntetett anyagok százalékos megoszlására. A választott személyautó körülbelül 1100 kg tömegű, amelynek durván 15%-a lehet műanyag. Ha a jármű egésze tűz alá kerülne, akkor kb. 165 kg tömegű műanyag állna rendelkezésre éghető anyagként, és ebből a tömegből szabadulna fel az előzőekben feltüntetett vegyületek jó része vagy akár más káros anyagok is.

A fenti táblázat szerint megadott sorrendben a különböző vegyületek élettani hatásai a következők. A benzol erősen mérgező, és belélegezve halált okozhat. Növeli a rákot és más betegségeket – például az aplasztikus anémia (trombózis), az akut leukémia és a csontvelőbetegség kialakulásának kockázatát. Közvetlen belélegzés esetén a toluol mérsékelten vagy súlyosan mérgező. Károsítja az agyat és az idegrendszert, részegséghez hasonló állapotot kelt, ritkán hallucinációt okoz. Az izopropanol lenyelve, bőrön keresztül felszívódva vagy belélegezve mérgezést okozhat. Egy 70 kg testtömegű felnőttél a toxikus hatás 15 g szervezetbe jutásával már jelentkezik. A májban acetonná alakul. Mérgezési tünetek: fejfájás, szédülés, hányinger, hányás, acetonszagú lehelet, eszméletvesztés, kóma. Az izobutil-acetát irritáló hatással van a nyálkahártyára. Belélegezve vagy lenyelve szédülést, hányingert, gyomorfájdalmat okozhat. A felsorolásból kimaradt vegyületek

a bőrön és a szemben okozhatnak irritációt.⁹ Normál expozíciós határértékeiket az Egészségügyi Világszervezet határozza meg; EU-osztályozás: az 1272/2008/EK (CLP)¹⁰ rendelet szerint.

4. táblázat. *A jelen lévő vegyületek kitettségi határértékei
a WHO javaslatai alapján, mg/m³-ben*

benzol	3,25
toluol	190,00
xilolok	220,00
izopropanol	500,00
terc-butanol	62,00
izobutil-acetát	480,00
izoamil-metil-keton	47,00

Forrás: a szerző szerkesztése

A járműbe beépített műanyag teljes mennyiségéből adódóan a tűz közvetlen közelében az alábbi anyagok egészségkárosító hatásai már jelentkezhetnek. Könnyen belátható, hogy bár alacsony koncentrációs értékeket adott a 30 g minta gáz-kromatográfiás vizsgálata, ám a teljes jármű égésekor ezek az értékek a kitettségi határértéket 165 kg össztömegű műanyagra vonatkoztatva bőven túllépnék. Mind beleélezve, mind bőrön keresztül felszívódva kifejteneik súlyos egészségkárosító hatásukat a helyszínen. Ezért is fontos, hogy a balesetben részt vevő személyeket minél gyorsabban kimenekítsék, illetve a beavatkozók a megfelelő felszerelésben kezdjék meg a tűzoltási munkálatokat, és a koncentrációkat a megfelelő berendezések segítségével monitorozzák. Az esetlegesen természeti környezetben okozott károkat számba kell venni, és azok negatív hatásait lehetőség szerint enyhíteni kell.¹¹

⁹ KUTI–ZÓLYOMI 2018; FÖLDI–HALÁSZ–KIS 2009.

¹⁰ Az Európai Parlament és a Tanács 1272/2008/EK rendelete (2008. december 16.) az anyagok és keverékek osztályozásáról, címkézéséről és csomagolásáról, a 67/548/EGK és az 1999/45/EK irányelv módosításáról és hatályon kívül helyezéséről, valamint az 1907/2006/EK rendelet módosításáról.

¹¹ FÖLDI–KUTI 2016.

Az égésgázok környezeti hatásai

Más szerzők írásaiban is találhatunk példát a műanyagok égésekor felszabadult égésgázok azonosítására. A legnagyobb hatást a humán egészségre és a természeti környezetre gyakorolja a műanyagok égése, főként, ha ez nem szabályozott formában történik. Az emberi egészségre kifejtett káros hatásokat már a korábbiakban bemutattam. Az aromás vegyületek, mint a benzol, a toluol és a xilol, hasonló tulajdonságokkal rendelkeznek. Ezeket a mérgező folyadékokat számos iparágban használják, elsősorban oldószerként, sőt még a közlekedés egyik velejárója is az ún. BTEX-vegyületek keletkezése. Leggyakrabban az üzemanyagtöltő állomásokon, az autófűtővezető műhelyekben és a műanyaggal foglalkozó üzemeknél találhatók meg ezek az aromás szénhidrogének. Sajnos nem példátlan, hogy egy esetleges meghibásodás során a természetet károsító anyagok kerülnek a talajba, a vízbe és a levegőbe.¹² A hivatkozott esettanulmányban egy Polgáron működő töltőkúton vezeték meghibásodása miatt kerültek különböző vegyületek a környezetbe. A talajvízből kimutatható a benzol, a toluol, az etil-benzol és a xilolok nagy mennyiségű jelenléte. A benzol a talajban lassan bomlik le, a talajból pedig könnyen a talajvízbe kerül. A toluol a vízi ökoszisztémára mérgező hatású. Szárazföldi ökoszisztémában belégzéssel vagy bőrön át képes hatást gyakorolni a szervezetre. A sejtmembránokon átjutva a nagy zsírtartalmú szövetekben akkumulálódik. A xilol beszívárog a talajba, a talajvízbe, a felszíni vizekbe, ahonnan viszonylag hamar el tud párologni, ezért ritkán fordul elő nagyobb koncentrációban. Az el nem párolgott xilolt jórészt lebontják a mikrobák, amelyek a szerves anyag bontásában (mineralizáció), átalakításában (transzformáció) vesznek részt. Közvetlenül a levegőből belélegezve felszívódik a tüdőből, és a véráramba jut. Gyors a felszívódás a tápcsatornán keresztül, ha olyan ivóvizet vagy élelmiszert fogyasztunk, amely xilollal szennyezett. Máj- és vesekárosító hatású. A terc-butanol enyhén vízszennyező.¹³

Manapság azzal is foglalkozni kell hazánkban, hogy a világjárvány és az elhúzódozó orosz–ukrán háború okozta negatív gazdasági folyamatok miatt a megélhetési költségek egyre növekednek. Ennek eredményeként vidéken sajnos egyre gyakoribb jelenség, hogy a fűtési időszakban a különböző műanyag-hulladékokat használja fel a lakosság tüzelőanyagként. Előnyt jelent, hogy nagy mennyiségben rendelkezésre áll, és kényelmesebb is, mint a szelektív gyűjtés.

¹² TRUZSI et al. 2013.

¹³ PADÁNYI–FÖLDI 2016.

Azonban ennek a folyamatnak is súlyos következményei lehetnek a közvetlen környezetre, főleg a levegő- és talajminőségre nézve. Az az öt polimer, amelyet talán a leggyakrabban használnak, az iparban és ezáltal szinte minden háztartásban megjelenik hulladékként, a következők: polietilén tereftalát (PETE vagy PET), polietilén (PE), polivinil klorid (PVC), polipropilén (PP) és polisztrén (PS). A kísérletben szereplő motorburkolat anyaga is ezek közül való, így a felszabaduló égésgázok rendkívül hasonlóak lehetnek a háztartási műanyagok égetésekor, ugyanakkor a különféle adalékanyagokról csak ritkán jutunk megfelelő információhoz, előfordulhat köztük aromás és kénvegyület is.¹⁴ Ha kéntartalma is volt az elégetett anyagnak, akkor kén-dioxid vagy akár kén-trioxid is keletkezhet. Vízzel alkotott elegyük pedig kénessavat vagy kén-savat képezhet. A műanyagok tökéletlen égése szén-dioxid vagy szén-monoxid keletkezéséhez is vezethet. Ezek azok az anyagok, amelyek hozzájárulnak a savas esők kialakulásához. A csapadék vagy egyéb felszíni víz talajba szivárgásakor talajvíz keletkezik, így az előbb megemlített vegyületek hozzájárulnak a talajvíz minőségi romlásához.¹⁵

Összegzés

A kutatásban egy műanyag motorburkolat égésekor felszabaduló gázokat vizsgáltam gázkromatográfiás eljárással. Sikertült kimutatni, hogy a BTEX-vegyületek jelentős mértékben szabadulnak fel ezen motorburkolatot alkotó műanyag égése során, amelyek az élő szervezetre akut károsító hatásokat fejthetnek ki. Az égés során nagyobb mennyiségben keletkező füst azonban ártalmas lehet a természeti környezetre is, például ha a jármű egésze érintetté válik a tűz által. Ezek a vegyületek nem csupán a levegőt szennyezik közvetlenül, hanem képesek a levegőből és a csapadékból a talajba is bejutni, ezzel súlyosan károsítva az élővilágot. Az általam azonosított koncentrációkat összevetettem a WHO által javasolt kitettségi határértékekkel, amelyek rávilágítottak arra, hogy egy esetleges járműtűz környezetében a baleset pillanatában súlyos egészségkárosodást szenvedhetnek az érintettek. Kijelenthető, hogy manapság az egyik legnagyobb környezeti terhelést a műanyagok égése jelenti, hiszen ez az egyik leggyakrabban alkalmazott anyag világszerte bármilyen iparágat tekintve. Elterjedése nemcsak

¹⁴ BUZÁS–TÓTH 2020.

¹⁵ KUTI et al. 2020.

a járműiparban vehet fel fontos kérdéseket a környezetvédelmet érintően. A tüzek megelőzése az egyik lehetőség, hogy minél kevesebb káros anyag juthasson a környezetbe. A jövőben célom megvizsgálni a közúton bekövetkezett járműtűz okozta környezeti hatásokat is.

Felhasznált irodalom

- Az Európai Parlament és a Tanács 1272/2008/EK rendelete (2008. december 16.) az anyagok és keverékek osztályozásáról, címkézéséről és csomagolásáról, a 67/548/EGK és az 1999/45/EK irányelv módosításáról és hatályon kívül helyezéséről, valamint az 1907/2006/EK rendelet módosításáról.
- BUZÁS Bettina – TÓTH Judit Zsuzsanna (2020): *Műanyag hulladékok égési tulajdonságainak vizsgálata*. TDK-dolgozat. Miskolc: Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar Energia- és Minőségügyi Intézet Tüzeléstani és Hőenergia Intézeti Tanszék.
- FÖLDI László – HALÁSZ László – KIS Erika (2009): *Környezetbiztonság*. Budapest: CompLex.
- FÖLDI, László – KUTI, Rajmund (2016): Characteristics of Forest Fires and Their Impact on the Environment. *AARMS*, 15(1), 5–17. Online: <https://doi.org/10.32565/aarms.2016.1.1>
- HIGGINS, Mike (2012): *Vehicle Fires: A Practical Approach*. Online: <https://www.cafsti.org/wp-content/uploads/Vehicle-Fires-a-Practical-Approach.pdf>
- KANYÓ Ferenc (2018): Elektromos gépjárművek tűzoltásának nemzetközi és hazai tapasztalatai. *Védelem Online, Tűz- és Katasztrófavédelmi Szakkönyvtár*, (2), 19–20.
- KERTÉSZ József – KOVÁCS Tünde (2022): Konstruktív megoldások az utolérési balesetek következményeinek csökkentésére. *International Journal of Engineering and Management Sciences*, 7(1), 70–83. Online: <https://doi.org/10.21791/IJEMS.2022.1.6>
- Környezetvédelmi információ* [é. n.]. Online: <https://enfo.hu/>
- KRAWCZAK, Patricia (2021): Automotive Plastics: What Future is There for Polymers in Tomorrow's Electric and Autonomous Vehicles? *eXPRESS Polymer Letters*, 15(4), 288. Online: <https://doi.org/10.3144/expresspolymlett.2021.25>
- KUMAR, Kumar (2015): Flammability of Plastics in Today's Automobiles. *SAE International*, April 14. Online: <https://doi.org/10.4271/2015-01-1380>
- KUTI Rajmund – FÖLDI Alexandra – BEKE Dóra (2020): Közúti balesetek során bekövetkező talajszennyezések és kárelhárítási eljárások vizsgálata. *Hadmérnök*, 14(3), 13–20. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2019.3.2>
- KUTI Rajmund – ZÓLYOMI Géza (2018): A tüzesetek során képződő füst veszélyei. *Védelem Tudomány*, 3(2), 67–76.
- KUZMA Mónika et al. (2014): *Gyógyszerészi Kémia II. Gyakorlati praktikum*. Pécs: Pécsi Tudományegyetem.
- LEE, Ellen – FLANIGAN, Cynthia (2012): Automotive Plastics and Composites. In *Encyclopedia of Polymer Science and Technology*. Hoboken, NJ: Wiley. Online: <https://doi.org/10.1002/0471440264.pst023>

- OMAR, Trabelsi – TÓTH László (2021): Új anyagok alkalmazásának megbízhatósági kérdései a járműiparban. *Műszaki Tudományos Közlemények*, 14, 71–76. Online: <https://doi.org/10.33895/mtk-2021.14.11>
- PADÁNYI, József – FÖLDI, László (2014): Environmental Responsibilities of the Military Soldiers Have to be „Greener Berets”. *Economics and Management*, 2, 48–55.
- PADÁNYI, József – FÖLDI, László (2016): Security Research in the Field of Climate Change. In NÁDAI, László – PADÁNYI, József (szerk.): *Critical Infrastructure Protection Research. Results of the First Critical Infrastructure Protection Research Project in Hungary*. Zürich: Springer, 79–90. Online: <https://extras.springer.com/?query=978-3-319-28090-5>
- SMYTH, Suzanne – SCOTT, Dillon (2012): Common Causes of Bus Fires. *SAE International*, April 16. Online: <https://doi.org/10.4271/2012-01-0989>
- TRUZSI Alexandra – BODNÁR Ildikó – LENGYEL Adrienn (2013): Felszín alatti víztest szénhidrogén szennyezésének monitoringja. *Debreceni Műszaki Közlemények*, 12(2), 74–82.