

DOI: [10.38146/BSZ.2021.2.1](https://doi.org/10.38146/BSZ.2021.2.1)**Vörös Tamás – Sándorné Kovács Judit**

Kriminalisztikai üvegvizsgálat a Nemzeti Szakértői és Kutató Központban

Forensic Glass Investigation in the Hungarian Institute for Forensic Sciences

Absztrakt

Betöréses lopás, rongálás, autófeltörés – csak néhány azok közül a gyakran üvegek törésével is együtt járó bűncselekmények közül, amelyekben a fizikai-kémiai szakértői vizsgálatok nagymértékben segíthetik az elkövető azonosítását és a bűnügy megoldását. Hazánkban a forenzikus üvegvizsgálat kezdete az 1960-as évekre nyúlik vissza. Az azóta eltelt közel hat évtized során az alkalmazott módszerek sokat fejlődtek, a vizsgálati lehetőségek száma jelentősen bővült. A korai időkben az összehasonlítás alapjául szolgáló klasszikus fizikai paraméterek mellett, mára a legkorszerűbb műszeres módszerekkel a származási viszonyok megállapítása megalapozottabbá vált, ezen felül adatbázis építésére is lehetőség nyílt. Jelen írásunk célja egy rövid történeti áttekintést követően bemutatni a Nemzeti Szakértői és Kutató Központban zajló forenzikus üvegvizsgálat folyamatát, alkalmazott módszereit, továbbá a kapott eredmények alapján tehető szakmai megállapításokat. Ezek mellett egy esettanulmány tükrében részletesen szemléltetjük az üvegvizsgálattal kapcsolatos nehézségeket és korlátokat is.

Kulcsszavak: tárgyi bizonyíték, üveg, forenzikus azonosítás, elemösszetétel, optikai törésmutató

Abstract

Break-in, vandalism, car burglary – some of the crimes often involving glass breaking, in which physical-chemical expert examinations can help a lot in identifying the offender and solving the crime. In Hungary, the beginning of forensic glass examination dates back to the 1960s. In the nearly six decades



since then, the methods used in the investigations have evolved a lot and expanded significantly. In addition to the classical physical parameters on which the comparison was based in the early days, the assessment of determination of origin by the most modern instrumental methods has given better-founded results, and besides it has also been possible to build a database. The aim of our paper is to present, after a brief historical overview, the process of forensic glass examination in the Hungarian Institute for Forensic Sciences, its applied methods, as well as the statements that can be made on the basis of the obtained results. In addition, in the light of a case study, we also illustrate in detail the difficulties and limitations of forensic glass examination.

Keywords: expert evidence, glass, forensic identification, elemental composition, refractive index

Bevezetés

1955-től kezdődően 1967 nyaráig Szolnok megyében több emberen követtek el aljas indokból (a nemi élet szabadsága elleni erőszakos bűncselekmény motívumával) emberölést, melynek utolsó áldozatát 1967. június 20-án a Körös folyóban találták meg. Az áldozat körme alatt fellelt mikroméretű üvegszemcsék és a gyanúsított használatában lévő nyergesvontató betört üvegének összehasonlító vizsgálati eredménye hozzájárult az elkövető személyének forenzikus azonosításához (Leisztner & Hámori, 1969, 29–43).

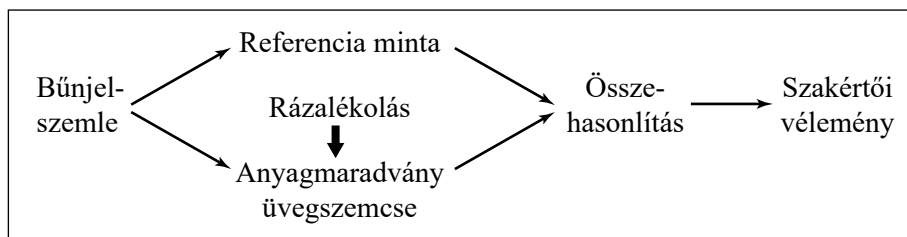
1983. november 5-ről 6-ra virradó éjjel ismeretlen tettes betört a budapesti Szépművészeti Múzeumba és onnan nagy értékű festményeket tulajdonított el. A nyomozás során előkerült egy eldobott üvegvágó eszköz, melyen lévő mikroméretű üvegdarabot a szakértői vizsgálat optikai törésmutató, sűrűség és elemösszetétel alapján megegyezőnek talált a bűncselekmény elkövetéséhez feltételezhetően használt Lada gépkocsi csomagterében fellelt üvegmaradvánnyal (Tóth, 1985, 125–130). 2019-ben – hosszas felderítő munka eredményeképpen – elfogásra került egy vélelmezett elkövetői csoport, akik a megalapozott gyanú szerint magyarországi autópálya-pihenőhelyeken követtek el többrendbeli, üzletszerűen és dolog elleni erőszakkal elkövetett lopást. A kriminalisztikai üvegvizsgálatok több gyanúsítottal szemben szolgáltattak terhelő bizonyítékot, egyúttal kibővítették a nyomozás terjedelmét. Első pillantásra a forгатókönyv nem sokat változott az elmúlt csaknem hat évtized során: a Nemzeti Szakértői és Kutató Központ (NSZKK) és jogelődeinek fehér köpenyes szakértői 1963 óta véleményezik a bűncselekményekkel

összefüggésben rögzített üvegmaradványok lehetséges eredetét a büntetőeljárás hatósági alanyainak kirendelésére. Azonban a szereplők lecserélődtek, a díszlet megváltozott, a történet sokrétűbbé vált, a végkifejlet finomodott. A fenti esetek egy-egy mérföldkövet jelentenek a Magyarországon végzett kriminalisztikai üvegvizsgálatokban. Az első mérföldkő az üvegvizsgálókat végző szakértők munkájának hozzájárulása volt a Jász-Nagykun-Szolnok megyei emberölés-sorozat sikeres felderítéséhez. Ez a nagy figyelmet kapott, sikeres nyomozás világított rá ugyanis az üvegvizsgálatokban rejlő lehetőségekre. A részben kísérleti fázisban lévő módszerből kifolyólag a szakértőknek ekkor még számtalan nehézséggel kellett szembenézniük: nem volt kidolgozott, hatékony eljárás a mikroméretű üvegszemcsék megtalálására, ruházatból történő kinyerésére. Bár az üveg, mint anyag sokat vizsgált és jól ismert volt a kutatók előtt, a technika akkori színvonalán mégis nagy nehézséget jelentett a mikroszkopikus mérettartományba eső üvegszemcsék nagy pontosságú, megbízható vizsgálata. Az 1980-as évek elején az akkor Bűnügyi Technikai Intézet névre hallgató intézményben már évi mintegy 50–60 ügyben történtek rutin üvegvizsgálatok, melyek ekkoriban jellemzően az üvegek optikai törésmutatójának vizsgálatára korlátozódtak. A módszer elég nagy pontosságúnak számított, négy tizedesjegyre képes volt megkülönböztetni az egymástól eltérő törésmutatójú mikroméretű üvegszemcséket, ami nem sokkal marad el az üvegek anyagösszetételei és gyártástechnológiai jellemzőinek ismeretéből adódó, elvi megfontolások alapján megkívánt pontosságtól. Ugyanakkor a vizsgálat meglehetősen aprólékos és fárasztó volt, valamint a fizikai jelenség időbeli változását a mikroszkópon keresztül vizsgáló személy aktuális észlelési állapotától függő eredményt adott. Mindezekben túlmenően csak a mikroszkóp tárgymezőjében egymás mellé preparált két darab üvegszemcse optikai törésmutatójának azonos vagy nem-azonos voltára adott választ (Tóth, 2011, 51–59). Ekkoriban még fel sem merült olyan üvegvizsgáló eljárás lehetősége – és valójában annak igénye sem –, ami a vizsgálatra kerülő üvegszemcsékhez számszerűsíthető, adatbázis építésére alkalmas mérési adatokat képes rendelni, amely segítségével pl. gyakoriságára vonatkozóan becslést lehetne adni. Ehelyett a módszerfejlesztés figyelme az üvegszemcsék nagyobb pontosságú megkülönböztethetőségére irányult. Az intézetben dolgozó lelkes szakértők tudományos kapcsolatai révén lehetőség nyílt az MTA Műszaki Fizikai Kutatóintézetének Pásztázó Elektronmikroszkópos Laboratóriumában működő, akkoriban igen drága és ritkaságszámba menő, pásztázó elektronmikroszkópon a mikroméretű üvegszemcsék elemösszetételének vizsgálatára irányuló elektron- és röntgenbesugárzásos mikroanalízist végezni. A kísérletek kecsgetetők voltak, sőt néhány, kiemelt ügyben – például a fent

említett Szépművészeti Múzeumban történt lopás esetében is – a módszerrel kapott eredmények az optikai mikroszkópos vizsgálatok kiegészítéseként be is kerültek az üvegvizsgálatokról szóló szakvéleményekbe (Tóth, 1985, 125–130). Üvegvizsgálatok terén a legutóbbi, igen jelentős módszerfejlesztés 2015-ben, még a Bűnügyi Szakértői és Kutató Intézetben (BSZKI) kezdődött. A 2017-ben megalakult NSZKK üvegvizsgálatokat végző szakértőinek már két, újgenerációs nagyműszer állt rendelkezésére, új alapokra helyezve ezáltal a szakértői területet. A módszerfejlesztés azóta is tart: az új műszerek adta lehetőségek minél teljesebb kiaknázására a kutatások ebben a pillanatban is folynak, és előkészületek történnek a további jelentős fejlesztésekre. Jelenleg elmondható, hogy lehetőségünk van az üvegszemcsék két jellemzőjének (elemösszetétel és optikai törésmutató) nagy pontosságú, műszeres mérésén alapuló szakértői vizsgálatára. Az NSZKK Fizikai és Kémiai Szakértői Intézetében az üvegvizsgálatok korszerű műszerekkel, az Európai Forenzikus Intézetek Hálózata (European Network of Forensic Science Institutes, ENFSI) forenzikus üvegvizsgálatokat végző szakértői munkacsoportjának szakmai ajánlásai szerint, a Nemzeti Akkreditáló Hatóság által akkreditált eljárásokkal történnek.

Az üvegvizsgálat lépései

Üvegek betörése során az elkövetőre, valamint a közvetlen környezetében tartózkodókra és azok ruházatára, továbbá az elkövetéshez használt eszközre számos üvegszemcse kerülhet, amelyek később a kriminalisztikai üvegvizsgálat tárgyává válhatnak az adott büntetőüggyel összefüggésben (Curran et al., 2000). Az alábbiakban célunk bemutatni az NSZKK-ban folyó üvegvizsgálat lépéseit és lehetőségeit, részletesen kitérve azokra a kérdésekre, amelyekre vizsgálataink alapján választ tudunk adni.



1. számú ábra: A kriminalisztikai üvegvizsgálat lépései.
Forrás: A szerzők saját szerkesztése

Egy rutin kriminalisztikai üvegvizsgálat folyamatát az 1. számú ábrán foglaljuk össze. Ennek első lépése a bűnjelszemle, melynek során a vizsgálatra érkezett ruházati tárgyakat a csomagolásukból kibontjuk, majd azokat egy nagyméretű papírlap fölött alaposan kirázzuk, zsebeit kiforgatjuk. Az így nyert anyagmaradványt (rázalékot) kisméretű edénybe gyűjtjük. Amennyiben valamilyen eszköz érkezik vizsgálatra, azt optikai mikroszkóp alatt alaposan átvizsgáljuk, szükség esetén csipesz, szike, bontótű vagy körömkefés dörzsölés segítségével róla anyagmaradványt biztosítunk. A 2. számú ábrán egy vizsgálatra küldött baseballütőbe ékelődött üvegszemcse látható.



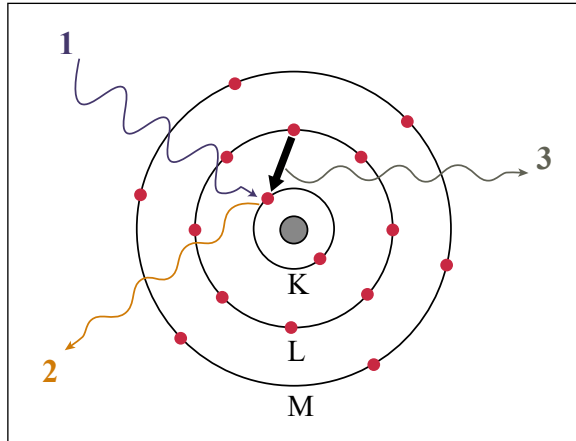
2. számú ábra: Baseball ütő repedésébe ékelődött üvegszemcse.
Forrás: A szerzők saját fényképe

Fontos megjegyezni, hogy abban az esetben, ha két vagy több bűnjel egybe csomagolva érkezik, akkor már nem állapítható meg, hogy a kinyert anyagmaradvány, illetve az azokban fellelt üvegszemcsék melyik tárgyról származnak, hiszen azok a közös csomagolás miatt egymást szennyezhetik. Ezen túlmenően, itt is szeretnénk hangsúlyozni az üvegminták- és maradványok helyszíni biztosítása szakszerűségének és a szakmai szabályok maradéktalan betartásának fontosságát a bűnjelkezelés teljes folyamata során (Anti & Gárdonyi, 2020, 80–84), egyetértésben Herke és munkatársai közleményében foglaltakkal: „Meggyőződésünk szerint a büntetőeljárásban garanciális jelentősége van annak, hogy a bizonyítékként felhasznált bűnjel útját, változatlanosságát, jogszerű és szakszerű kezelését pontosan és hitelt érdemlően nyomon lehessen követni.” (Herke et al., 2020, 113.) A bűnjelszemlét követően a ruházati tárgyakkal kinyert rázalékokban, az eszközökről biztosított, továbbá a vizsgálatokra beküldött, porszívózással vagy egyéb úton nyert anyagmaradványokban üvegmaradvány-szemcséket keresünk. Ennek során a rázalékot, illetve anyagmaradványt megfelelő nagyítást biztosító optikai mikroszkóp

alatt aprólékosan átvizsgáljuk és azokból kézi preparáló eszközök (például bontótű, csipesz) segítségével elkülönítjük az üvegszemcséket. A referencia üvegminták feldolgozása – a szennyezések elkerülése céljából – az üvegmaradvány-szemcséket hordozó tárgyak vizsgálatától elkülönítve történik. A referenciamintát kicsomagolást követően az alábbi szempontok alapján elővizsgálatnak vetjük alá: vizuális szín, típus, vastagság, esetleges felületi bevonat, dombornyomat.

Vizsgálati módszerek

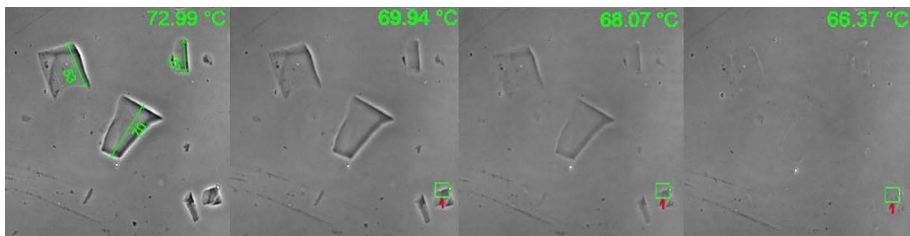
A rázalékokban és anyagmaradványokban talált üvegszemcsék a vizsgálati inkra rendelkezésre álló módszerek alkalmazhatósága alapján két csoportba sorolhatók. Makroméretűnek tekintjük azokat az üvegszemcséket, amelyek legalább 1 mm vastagságúak és rendelkeznek sík (vagy közel sík) felülettel. Az ennél kisebb üvegszemcsék a mikroméretű csoportba sorolhatók. Kedvező esetben a makroméretű üvegmaradvány-szemcse az ablakból úgy törik ki, hogy megőrzi annak eredeti vastagságát. Ilyen, a vizsgálat szempontjából nagy méretűnek számító üvegdarab – különösen biztonsági üvegek törése során – nagyon sok keletkezik, nagy mérete miatt azonban nem szóródik messzire, valamint könnyen lehullik a ruháról. Ezek a nagyobb méretű üvegszemcsék egyszerű söpréssel, rázással eltávolíthatók a ruhadarabbról, vagy néhány lépés megtétele után leeshetnek arról. Ennek okán a vizsgálatok során legtöbbször abban az esetben találkozhatunk ilyen makroméretű üvegmaradvány szemcsével, ha az beleszóródik a ruházat valamelyik zsebébe, olyan részen (például pánt alatt) tapad meg, ahonnan nehezen esik ki, vagy ha a bűncselekményt követően az elkövető azonnal autóba ül, ahol a szemcse később is megtalálható. Ilyen üvegmaradvány-szemcsén vizsgálható a szín, a típus, illetve a vastagság. Ezek alapján már egyértelműen megállapítható, hogy a fellelt üvegszemcse különbözik-e a referenciamintától. Amennyiben az egyszerűen vizsgálható, műszeres mérést nem igénylő tulajdonságok egyezést mutatnak, illetve, ha olyan makroméretű üvegszemcsével dolgozunk, ahol ezek a tulajdonságok nem vizsgálhatók, röntgenfluoreszcenciás (XRF) analízis segítségével határozzuk meg az elemösszetételt. Egy ilyen vizsgálat során a kérdéses üvegdarabot röntgensugárzásnak tesszük ki. A módszer lényege leegyszerűsítve a következő. Mint minden anyagot, az üveget is atomok építik fel. Az atomok atommagból és elektronburokból állnak (lásd 3. számú ábra).



3. számú ábra: A röntgenfluoreszcenciás analízis alapja. 1: Beérkező röntgensugárzás. 2: Kilökődő elektron. 3: Karakterisztikus röntgensugárzás.
 Forrás: A szerzők saját szerkesztése

Az elektronburokban az elektronok az ábrán látható módon egyre növekvő méretű gömbfelszíneken, úgynevezett héjakon helyezkednek el, melyeket az ABC nagybetűivel, K-tól kezdődően jelölünk (K, L, M stb.). Amikor az atomot röntgensugárzás éri (1), az a belső héjról kilök egy elektront (2). Ilyenkor ennek az elektronnak a helyén marad egy lyuk, erre a helyre gyakorlatilag rögtön beugrik egy elektron egy külső héjról. Eközben energia szabadul fel, keletkezik egy, a besugárzáshoz alkalmazottól eltérő energiájú, úgynevezett karakterisztikus röntgensugárzás (3). Az, hogy a 3-as számmal jelölt sugárzás energiája mekkora, elsősorban attól függ, hogy milyen távolságban van az a két héj, amelyről az elektron kilökődött, illetve amelyikről a kilökődéskor keletkező lyuk betöltődött. Mivel az egyes héjak távolsága atomfajtánként különböző, ez egyértelműen jellemzi az atomokat. Tehát annyi a dolgunk, hogy megmérjük, milyen energiájú sugárzások keletkeztek a röntgensugárzás hatására, ez alapján meg tudjuk mondani, milyen atomok alkották az üveget. Sőt, a módszer arra is alkalmas, hogy az alkotó elemek mennyiségét meghatározzuk. Az üveget jellemzően tíznél többféle elem alkotja. A gyártási technológiától, az alkalmazott nyersanyagoktól és az azokban lévő szennyezőktől függően mind a főbb komponensek aránya, mind a nyomelemek száma és mennyisége akár egyedileg is jellemezhet egy-egy üvegtáblát. Amennyiben azonos alkotóelemek szórásértéken belül azonos mennyiségben fordulnak elő a referencia mintában és az üvegmaradvány szemcsében is, akkor a két minta röntgenfluoreszcenciás spektrum alapján azonosnak tekinthető. Mikroméretű szemcsék

esetén a vastagságmérés és a szín meghatározása, valamint az XRF vizsgálat nem végezhető el eredményesen, ekkor az összehasonlítás kizárólag az optikai törésmutató mérésével történik. Ha fénysugár esik optikailag átlátszó, különböző közegek (például üveg és szilikonolaj, vagy levegő és víz) határfelületére, akkor annak terjedési sebessége és iránya megváltozik, a fénysugár megtörik. Ez a jelenség a fénytörés, amellyel a mindennapi életben is találkozhatunk. Ha egy poharat félig vízzel töltünk, majd abba egy kanalat teszünk, megfelelő irányból ránézve úgy látjuk, mintha a kanál szára nem egyenes vonalban folytatódna tovább a levegő és a víz határfelületén. Ez azzal magyarázható, hogy a fénysugár a vízben és a levegőben eltérő sebességgel halad, a víz-levegő határfelületen megtörik, így folytatva útját. A fénytörésnek a mértékét az optikai törésmutató írja le, amely a fény két közegben mérhető terjedési sebességének hányadosa. Az optikai törésmutató adott anyagra (például üvegre) adott hőmérsékleten és hullámhosszon jellemző fizikai tulajdonság, amelyet megfelelő pontossággal mérve lehetőségünk van arra, hogy ez alapján a tulajdonság alapján eldöntsük, származhat-e két üveg ugyanabból a forrásból vagy sem. A mérés során a rázalékban talált üvegszemcsét egy csepp szilikonolajba tesszük, a több, párhuzamos mérés és a jobb vizsgálhatóság érdekében további kisebb darabokra törjük, és az így előkészített mintát egy fűthető tárgyasztallal ellátott fáziskontraszt mikroszkóp tárgyasztalára helyezzük. Ebben az állapotban az olaj és az üvegszemcse törésmutatója eltérő, a fáziskontraszt mikroszkóp ilyen esetben alkalmas arra, hogy az átlátszó üvegszemcsét az átlátszó olajban láthatóvá tegye. Ezt követően elkezdjük változtatni a fűthető tárgyasztal hőmérsékletét. Hőmérsékletváltoztatás hatására az olaj törésmutatója jelentősen változik, míg az üvegszemcse esetén ez az érték gyakorlatilag állandó marad. Megfelelő hőmérsékleten az olaj törésmutatója épp akkora érték, mint az üvegé. Ehhez az értékhez közeledve az üvegszemcse mikroszkópos képe



4. számú ábra: Szilikonolajban lévő üvegszemcsék fáziskontraszt mikroszkópos képének változása hőmérsékletváltoztatás hatására. A bal oldali ábrán lévő számértékek (37, 53 és 70) az üvegszemcsék méretét jelölik μm egységben. A további három ábrán látható négyzet oldalhossza jelöli azt a minimális méretet (kb. 10–15 μm), amekkora üvegszemcsék optikai törésmutató értékét még meg tudjuk mérni.

Forrás: A szerzők saját fényképe

egyre halványabb, majd az adott, úgynevezett egyezési hőmérsékleten, a törésmutatók egyezősége miatt a fénysugár törés nélkül áthalad az üveg és az olaj határfelületén. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy az üvegszemcse eltűnik, nem látható (lásd 4. számú ábra).

A műszert pontosan ismert törésmutatójú üvegek segítségével kalibráljuk, a kalibrációs görbe és a mért egyezési hőmérséklet segítségével a vizsgált üvegszemcse optikai törésmutató értéke öt tizedesjegy pontossággal meghatározható. A párhuzamos mérések során az elfogadott értékek 10^{-4} -es tartományon belül vannak (például 1,52235–1,52245), ekkora intervallumon belüli egyezés esetén a referenciaminta és az üvegmaradvány-szemcse törésmutató alapján azonosnak tekinthető.

A vizsgálati eredmények értékelése és a szakértői következtetés megalkotása

A vizsgálat sorozat utolsó lépése a mért adatok értékelése és a szakértői következtetés megalkotása. A mérési adatok kiértékelése matematikai-statisztikai (úgynevezett kemometriai) módszerek felhasználásával történik. A matematikai-statisztikai modellek által szolgáltatott eredmények automatikusan nem kerülnek elfogadásra, azok jóváhagyása minden esetben szakértői verifikációt követően történik (Kármán, 2019, 111). A mérési adatok alapján tett szakértői megállapítások, a kirendelő határozatban feltett kérdéseknek megfelelően, jellemzően a vizsgálat tárgyát képező üvegszemcsék viszonyára vonatkozó következtetéseket tartalmaznak. Amennyiben a szakértő a vizsgált tulajdonságok bármelyikét eltérőnek találja az üvegmaradvány szemcse és a referencia minta esetében, akkor az azonos forrásból való származásukat kategorikusan kizárja. Egyéb esetekben a vizsgálati módszertől függően különböző megállapításokat tehet. A mikroméretű üvegszemcsék vizsgálatát optikai törésmutató mérésel végezzük, melynek segítségével egy üvegszemcséhez optikai törésmutató átlagérték és hozzá tartozó szórás határozható meg. Azonos törésmutató esetén valószínűsítjük, hogy a vizsgált üvegszemcse a kérdéses törött üvegtárgyból származhat. Az ezzel kapcsolatos további nehézségeket és korlátokat a következő fejezet mutatja be részletesen. Makroméretű üvegszemcsék esetén – a legalább 1 mm-es vastagságának köszönhetően – az optikai törésmutató mérés mellett lehetőség van a nagyobb megkülönböztetőképességgel rendelkező elemösszetételnek a meghatározására is. Tekintettel arra, hogy a mindennapi tárgyakat alkotó üvegek jellemzően több mint tízféle elemből állnak, a véletlenszerű egyezés valószínűsége a minőségi és mennyiségi összetételek nagyszámú variációja

miatt meglehetősen alacsony (Koons et al., 1991, 451–456). Abban az esetben, ha minden egyes elem mennyisége szóráshatáron belül megegyezik az üvegmaradvány-szemcsében és a referenciamintában, valamint a két minta optikai törésmutatója is megegyezik, a szakértői véleményben úgy fogalmazunk, hogy az üvegmaradvány-szemcse nagy valószínűséggel a kérdéses törött üvegtárgyból származhat. Ha a makroméretű üvegmaradvány-szemcse az üvegtárgyból úgy tör ki, hogy megőrzi annak eredeti vastagságát, vizsgálható a színe és típusa is, és az elemösszetétel és az optikai törésmutató értékek mellett ezek mindegyike egyezőséget mutat a referenciamintával, akkor a szakértői megállapítás úgy hangzik, hogy a vizsgált szemcse igen nagy valószínűséggel származhat a kérdéses törött üvegtárgyból. Ha a fenti feltételek mindegyike teljesül, és az üvegmaradvány a törési felület mentén a referenciamintához illeszthető, nyomszakértő bevonásával kategorikus egyezés is megállapítható a hazai gyakorlat szerint. Figyelembe véve az Igazságügyi Szakértői Intézetek Európai Hálózatának irányelveit, utóbbi következtetést a jövőben a „bizonyossággal határos valószínűség” válthatja fel (URL1). Ennek oka a következő: *„A forenzikus tudományok fejlődési folyamatában kimutatható, hogy a fejlettebb eszközök alkalmazásával korlátozottabbá válik a bizonytalanság, de nem szűnik meg teljesen. Az ebből fakadó maradványproblematika megoldható, ha az individualizáció során elismerjük a pozicionális irracionáltságot: azt, hogy a maradék nem megismerhetetlen, de az adott fejlettségi szinten még nem ismert.”* (Czebe, 2020, 17.)

A vizsgálati eredmények alapján jelenleg megalkotható szakértői következtetéseket az 1. számú táblázatban foglaljuk össze.

Vizsgálati módszer, amely alapján az üvegmaradvány-szemcse és a referenciaminta azonosnak tekinthető	Szakértői következtetés a kérdéses üvegmaradvány-szemcse és a referenciaminta kapcsolatáról	Kategorikus-e a vélemény?
Optikai törésmutató mérés.	Származhat.	Nem
Elemösszetétel és optikai törésmutató mérés.	Nagy valószínűséggel származhat.	
Elemösszetétel, optikai törésmutató, vastagság mérése, szín, típus meghatározása.	Igen nagy valószínűséggel származhat.	
Elemösszetétel, optikai törésmutató, szín, típus, vastagság, illeszthetőség.	Származik.	Igen
–	Nem származik.	

1. számú táblázat: Szakértői következtetések a mérési eredmények alapján.
 Forrás: A szerzők saját szerkesztése

Az eddigiekben a kérdéses üvegszemcse származásának eldöntésére irányuló összehasonlító vizsgálatokat részleteztük. A vizsgálatok eredményei azonban ennél több információt is nyújthatnak. Előfordulhat, hogy a fellelt üvegszemcsék egy vagy több olyan fő csoportba sorolhatók, melyen belül az egyes szemcsék megfelelő tulajdonságai egymással megegyeznek, de eltérnek valamennyi referenciaminta megfelelő tulajdonságaitól. Ez utalhat arra, hogy a gyanúsított további üvegtárgyakat is összetört. Ezekben az esetekben – további referenciaminták megküldése révén – a származási viszonyok megállapítására újabb vizsgálatok végezhetők.

Az üvegvizsgálat lehetőségei, nehézségei és korlátai egy esettanulmány tükrében

2019-ben laboratóriumunk gépjárművek sorozatfeltörésével kapcsolatos vizsgálatokat is végzett egy országos koordinációs ügy keretében. A lefoglalt és vizsgálatra beküldött kilenc darab ruházati tárgyból, két darab eszköztől és az elkövetéshez feltételezhetően használt gépkocsiból kiporszívózott öt anyagmaradványból összesen 84 darab üvegszemcsét sikerült kinyerni. Ezek közül 75 darab szemcse esetén rendelkezünk olyan mérési adattal, amely a kiértékelés során is figyelembe vehető volt. Az üvegmaradvány-szemcsék nagyobb arányban, kb. 60%-ban (52 darab) a személygépkocsi porszívózott rázalékaiból származtak, míg az eszközökről biztosított anyagmaradványban üvegszemcsét nem találtunk. Kriminálisztikailag fontos lehet, hogy a személygépkocsi vezetőülése környezetéből és csomagtartójából biztosított anyagmaradványban nem, míg a bal hátsó ülés környezetéből biztosított anyagmaradványban csak három darab üvegszemcse volt; ehhez képest a jobb első és jobb hátsó részből biztosított anyagmaradványban összesen 49 darab üvegszemcsét találtunk. Ez alapján feltételezhető, hogy az elkövetők a jobb első és a jobb hátsó ülésre ültek be a bűncselekmények elkövetése után.

A személygépkocsiból biztosított anyagmaradványokban talált üvegszemcsék közül hét darab volt makroméretű, melyek közül hat darab megőrizte az eredeti üvegtábla vastagságát. Ezek közül négy darab szemcse esetén találtunk az elemösszetétel-mérések alapján egyezést, összesen három különböző referenciamintával. A további szemcsék mindegyike mikroméretű volt, így ezeknél csak optikai törésmutató vizsgálat történt.

A mérési eredményeket a 2. számú táblázat foglalja össze.

		Üvegszemcsék száma a rázálékban / anyagmaradványban	Vizsgálható üvegszemcse száma	Pontosan egy referencia mintával azonosságot mutató üvegszemcse	Több referencia mintával is azonosságot mutató üvegszemcse
1. ingatlan	1. ruha	7	7	2	1
	2. ruha	7	7	0	1
	3. ruha	1	0	–	–
2. ingatlan	1. ruha	5	5	0	1
	2. ruha	2	1	0	0
	3. ruha	1	1	0	0
	4. ruha	2	2	0	1
	5. ruha	4	4	0	0
	6. ruha	3	3	0	0
	1. eszköz	0	–	–	–
Személygépkocsi	1. eszköz	0	–	–	–
	bal első	0	–	–	–
	jobb első	6* + 19	6* + 16	3* + 3	10
	jobb hátsó	1* + 23	1* + 19	1* + 3	13
	bal hátsó	3	3	0	3
	csomagtér	0	–	–	–
	Összesen	84	75	4* + 8	30

*A kiemelt számok a makroméretű üvegszemcséket jelölik.

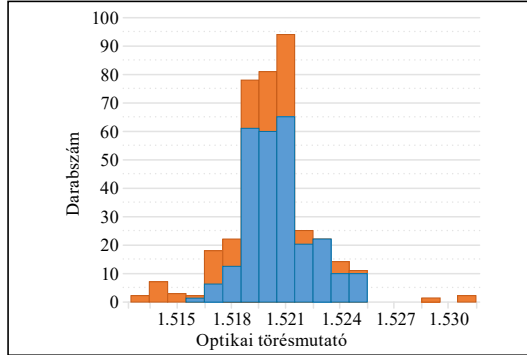
2. számú táblázat: 2019-ben vizsgált országos koordinációs ügyben beküldött bűnlejek vizsgálati eredményei.

Forrás: A szerzők saját szerkesztése

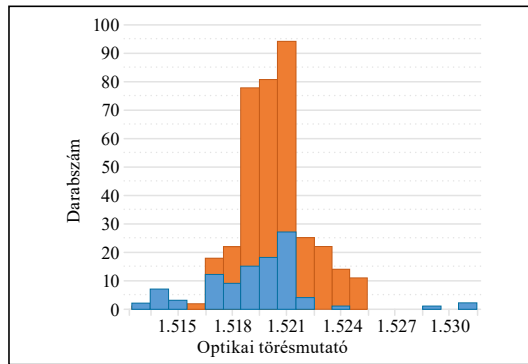
A táblázat adatai alapján látható, hogy összesen négy darab makro- és nyolc darab mikroméretű üvegszemcsét találtunk, melyek egyértelműen egy-egy gépjárműhöz köthetők. $75 - 12 - 30 = 33$ darab üvegszemcse a beküldött referenciaminták egyikével sem mutatott azonosságot, azonban további,

bűncselekménnyel érintett gépkocsikból származó üvegminták vizsgálatra küldése esetén feltehetően ezeknek a forrása is azonosítható. Különös tekintettel igaz ez a három darab, még nem azonosított makroméretű üvegszemcsére, hiszen ezeknél a szemcséknél az összehasonlító vizsgálat történhet elemösszetétel mérésel, amelynek eredménye alapján nagyobb bizonyossági fokú szakértői megállapítás tehető. Érdemes megvizsgálni a 2. számú táblázatban látható, 12 darab egyértelműen azonosított és a 33 darab nem azonosított szemcsén felüli további üvegszemcséket is. Ezen szemcsék között – ahogyan az a táblázat utolsó oszlopában látható – van 30 darab olyan üvegmaradvány-szemcse, amely vizsgálataink során az optikai törésmutató tekintetében egynél több referencia mintával is azonosítást mutatott. Ezzel a jelenséggel mindenképpen érdemes részletesebben foglalkozni. A vizsgálati tartomány, ahová a hétköznapi használatban lévő üvegek optikai törésmutatója esik 1,510–1,530 közötti. Annak ellenére, hogy az optikai törésmutatót az alkalmazott módszerrel nagyon pontosan, öt tizedesjegyre meg tudjuk mérni, könnyen belátható, hogy sokkal több üveg van használatban a világon, mint a lehetséges, egymástól eltérő mérési adatok száma (Lambert & Evett, 1984, 1–23). Szükségszerűen lesznek tehát olyan esetek, hogy két, eltérő forrásból származó, akár különböző típusú üveg optikai törésmutatója megegyezik egymással. Annak eldöntésére, hogy ez milyen gyakorisággal fordulhat elő, megvizsgáltuk összesen 382 darab referenciaminta átlagos optikai törésmutató értékét. A mért értékek eloszlásai az egyes üvegtípusok esetén az 5., 6. és 7. számú ábrán láthatók.

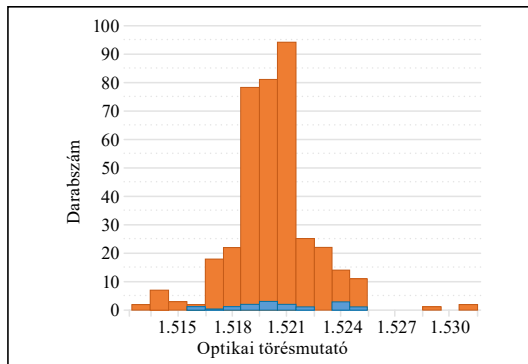
Az ábrák alapján azt láthatjuk, hogy a bűncselekmények kapcsán előforduló referencia üvegminták elsősorban biztonsági, illetve síküvegek. Ezek közül a síküvegek optikai törésmutató értékei a biztonsági üvegekhez képest szélesebb tartományt fednek le, előfordulnak kiugróan kicsi, illetve nagy értékek is, melyek kisebb előfordulási valószínűségük révén biztosabb azonosítást tesznek lehetővé. Biztonsági üvegek esetén a vizsgált referencia minták törésmutató értékei szűkebb tartományban vannak, a 267 darab ilyen típusú minta közel 70%-a (186 darab) 1,5185–1,5215 közötti törésmutató értékkel rendelkezik. Ez egy sok referenciamintát magában foglaló ügy (például gépkocsi sorozatfeltörés) esetén az üvegmaradvány szemcsék forrásának azonosítását rendszerint jelentősen megnehezíti. Ahogyan a 2. számú táblázatban látható, a vizsgálható üvegszemcsék száma kilencel kisebb (75 darab), mint az összes üvegszemcse száma (84 darab). Annak, hogy egy szemcse nem vizsgálható, illetve a kiértékelésnél nem vehető figyelembe, két lehetséges oka van. Az egyik ok a műszeres mérés teljesítőképességének korlátozottságából ered: amennyiben a rázalékban/anyagmaradványban talált szemcse nagyon kis-



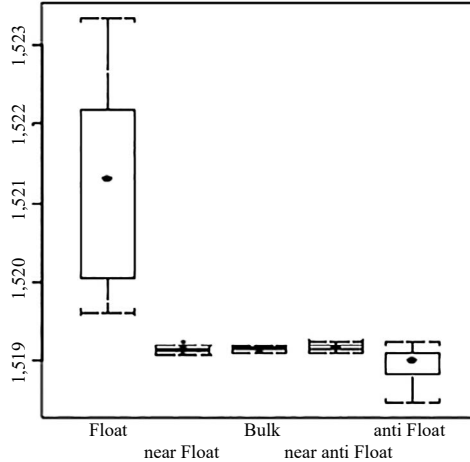
5. számú ábra: Biztonsági üvegek átlagos optikai törésmutatójának eloszlása az NSZKK-ban vizsgált referenciaminták esetén.
 Forrás: A szerzők saját szerkesztése



6. számú ábra: Síküvegek átlagos optikai törésmutatójának eloszlása az NSZKK-ban vizsgált referenciaminták esetén.
 Forrás: A szerzők saját szerkesztése

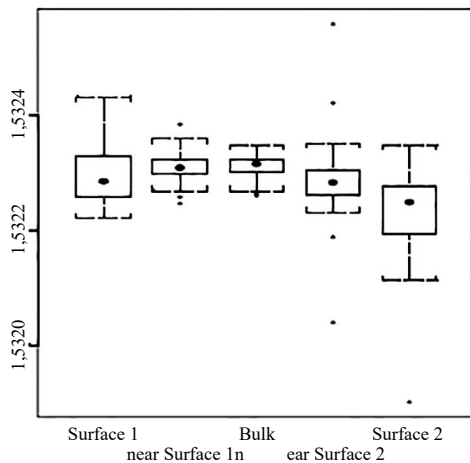


7. számú ábra: Egyéb típusú üvegek átlagos optikai törésmutatójának eloszlása az NSZKK-ban vizsgált referenciaminták esetén.
 Forrás: A szerzők saját szerkesztése



8. számú ábra: Úsztatott üveg önfürdővel érintkező oldaláról (Float), ahhoz közeli részéről (near Float), tömbi részéből (Bulk), valamint az önfürdővel nem érintkező felszínéről (anti Float) és ahhoz közeli részéről (near anti Float) származó üvegszemcsék optikai törésmutató értékei egy adott minta esetén.
 Forrás: Newton et al., 2004, 185–193.

méretű, előfordul, hogy nem rendelkezik olyan, legalább 10–15 μm -es éllel, amelyen a mérés a 4. számú ábra szerint elvégezhető. A másik ok az üvegyártás technológiájából adódik. Az üvegyártás során bizonyos üvegeket (ide tartoznak az autók ablakainak biztonsági üvegei is) folyékony ón felületre ön-



9. számú ábra: Nem úsztatott üveg felszíni (Surface), felszín közeli (near Surface), valamint tömbi részéből (Bulk) származó üvegszemcsék optikai törésmutató értékei egy adott minta esetén.
 Forrás: Newton et al., 2004, 185–193.

tenek. Ezeknél az úgynevezett úsztatott üvegeknél a tábla ónfürdővel érintkező oldaláról származó felszíni üvegszemcsék optikai törésmutatója nagymértékű szórást mutat (lásd 8. számú ábra), emiatt azok a kiértékelésnél nem vehetők figyelembe (Newton et al., 2004, 185–193; Zoro et al., 1988, 127–141).

A fenti ábrákon jól látható, hogy mind az úsztatott üvegek ónfürdővel nem érintkező oldaláról, mind a nem úsztatott üvegek (9. számú ábra) széleiről származó szemcsék esetén a törésmutató – azon túl, hogy a felületeken nagyobb szórást mutat – értéke $\sim 10^{-4}$ -nel eltérhet a tömbi fázis szemcséinek megfelelő értékeitől. Mindez tovább nehezíti az egyértelmű azonosítást, hiszen előfordulhat, hogy egy adott üvegmaradvány-szemcse törésmutató értéke alapján egy referenciaminta tömbi részéből vagy akár egy másik referencia minta felszínéről is származhat. Ilyen esetben a valószínűsíthető származási viszony mindkét referenciaminta tekintetében megadásra kerül.

Kitekintés

Az NSZKK-ban jelenleg alkalmazott két műszeres módszeren, az optikai törésmutató és a röntgenfluoreszcenciás elemösszetétel vizsgálaton felül az üvegszemcsék további kriminalisztikai célú, az ENFSI által is ajánlott vizsgálati lehetősége a lézerablációs mintabeviteli egységgel kombinált induktív csatolású plazma tömegspektrométer (LA-ICP-MS), melyet intézetünk 2020-ban tervez beszerezni és üzembe helyezni. A módszer előnye a röntgenfluoreszcenciás (XRF) elemanalízishez képest a jobb kimutatási határok, valamint a vizsgálható elemek nagyobb száma. A megbízható XRF mérésekhez legalább 1 mm vastagságú, síkfelülettel rendelkező szemcse szükséges. A LA-ICP-MS-sel történő vizsgálatok esetén ez nem szükséges feltétel, így ezen a téren is előnyt jelent ez a módszer. Az idei évben intézetünk részére többek között egy kb. 1×1 cm-es üvegdarab érkezett vizsgálatra, mellyel kapcsolatban a kirendelő hatóság kérdése az volt, hogy a minta milyen típusú üvegből származik, valamint található-e rajta egyéb, más üvegből származó szemcse, részecske. Mikroméretű üvegszemcsék esetén optikai törésmutató értéket tudunk vizsgálni, ez alapján azonban az üvegszemcse típusa nem határozható meg egyértelműen: az 5., 6. és 7. számú ábrákat vizsgálva láthatjuk, hogy eltérő típus esetén is lehet azonos a törésmutató érték. Ilyenkor segítséget jelent az, ha a törésmutató mérést követően a vizsgálandó szemcsét néhány száz °C-ra felfűtjük, majd lassan hűlni hagyjuk és újból megmérjük a törésmutató értéket. A fűtési-hűtési folyamat során a szemcsében eredetileg jelen lévő, típustól függő szerkezeti feszültség csökken, ami a törésmutató érték változását is maga után vonja. Ennek mértéke

üvegtípus-függő, a mért változás alapján következtetni tudunk az üvegminta típusára (Locke et al., 1982, 295–301; Rushton et al., 2011, 102–107). Emellett a vizsgálati módszer arra is alkalmazható, hogy azonos törésmutatójú, de eltérő típusú üvegeket is megkülönböztessünk vele. Az NSZKK-ban elsőként a tavalyi év során több ügyben is sikeresen alkalmaztuk ezt a módszert, további információkat nyerve az üvegszemcsék származásáról (Vörös et al., 2020). A legutóbbi, 2015. évi mérőföldkötől kezdve az NSZKK üvegvizsgáló laboratóriumában jelentős műszer- és módszerfejlesztések vannak kibontakozóban, amelyek a mérési eredmények nagyobb pontossága és megbízhatósága, valamint az információs technológiai háttérrel támogatott matematikai-statisztikai módszerek bevezetésének irányába haladnak. Az új műszeres eljárások használata már a napi rutin részét képezi. Megkezdődött továbbá az üvegek vizsgált sajátosságaihoz rendelhető számszerű mérési adatok módszeres gyűjtése, ami néhány év múlva egy kellő mennyiségű adatot tartalmazó adatbázis létrejöttét fogja eredményezni. Ezen adatbázis birtokában tervezzük egy, a szakértői megállapítások bizonyossági fokának kifejezésére szolgáló, jellemzően objektív adatokra támaszkodó rendszer majdani kialakítását, amely a jogalkalmazók számára is megkönnyíti és azonosan értelmezhetővé teszi az üvegvizsgálatok eredményét. Ezt a munkát még a kriminalisztikai üvegvizsgálatokat végző nemzetközi szakmai közösség sem végezte el, jelenleg is szakmai vitákon keresztül halad a folyamat a közös európai legjobb gyakorlat kialakítása felé. Ehhez a folyamathoz tervezzük a NSZKK részéről kapcsolódnunk.

Felhasznált irodalom

- Anti Cs. L. & Gárdonyi G. (2020). *Krimináltechnikai kézikönyv*. Semmelweis Kiadó
- Curran, J. M., Hicks, T. N. & Buckleton, J. S. (2000). *Forensic Interpretation of Glass Evidence*. CRC Press <https://doi.org/10.1201/9781420042436>
- Czebe A. (2020). A forenzikus azonosság fuzzy halmaza. *Ügyészek Lapja*, 8(2–3), 7–18.
- Herke Cs., Kovács G., Nogel M. & Czebe A. (2020). Bűnjelekről a hatályos jog tükrében. *Magyar Jog*, 67(2), 106–113.
- Kármán G. (2019). *A kriminalisztikai szakértői bizonyítás*. Országos Kriminológiai Intézet
- Koons, R. D., Peters, C. A. & Rebbert, P. S. (1991). Comparison of Refractive Index, Energy Dispersive X-Ray Fluorescence and Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry for Forensic Characterization of Sheet Glass Fragments. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 5(6), 451–456. <https://doi.org/10.1039/ja9910600451>
- Lambert, J. A. & Evett, I. W. (1984). The refractive index distribution of control glass samples examined by the Forensic Science Laboratories in the United Kingdom. *Forensic Science International*, 26(1), 1–23. [https://doi.org/10.1016/0379-0738\(84\)90207-X](https://doi.org/10.1016/0379-0738(84)90207-X)

- Leisztner L. & Hámori V. (1969). Mikroméretű üvegszemcsék kriminalisztikai vizsgálatának fizikai-kémiai módszerei. *Bűnügyi Technikai Közlemények*, 29–43.
- Locke, J., Sanger, D. G. & Roopnarine, G. (1982). The identification of toughened glass by annealing. *Forensic Science International*, 11(20), 295–301. [https://doi.org/10.1016/0379-0738\(82\)90131-1](https://doi.org/10.1016/0379-0738(82)90131-1)
- Newton, A. W. N., Curran, J. M., Triggs, C. M. & Buckleton, J. S. (2004). The consequences of potentially differing distributions of the refractive indices of glass fragments from control and recovered sources. *Forensic Science International*, 140(2-3), 185–193. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2003.11.030>
- Rushton, K. P., Coulson, S. A., Newton, A. W. N. & Curran, J. M. (2011). The effect of annealing on the variation of glass refractive index. *Forensic Science International*, 209(1-3), 102–107. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2011.01.006>
- Tóth P. (1985). Üvegszemcsék mikroanalízise kriminalisztikai vizsgálatokban. *Belügyi Szemle*, 23(4), 125–130.
- Tóth P. (2011). A morfológiai és szervesetlen analitikai laboratórium szerepéről. *Belügyi Szemle, különszám*, 51–59.
- Vörös T., Takács K. & Réger P. (2020). Refractive Index Variations of Glass Microfragments by Annealing – Forensic Applications. *Journal of Silicate Based and Composite Materials*, 72(6), 205-209. <https://doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2020.33>
- Zoro, J. A., Locke, J., Day, R. S., Badmus, O. & Perryman, A. C. (1988). An investigation of refractive index anomalies at the surfaces of glass objects and windows. *Forensic Science International*, 39(2), 127–141. [https://doi.org/10.1016/0379-0738\(88\)90085-0](https://doi.org/10.1016/0379-0738(88)90085-0)

A cikkben szereplő online hivatkozás

URL1: *ENFSI Guideline for Evaluative Reporting in Forensic Science*. https://enfsi.eu/wp-content/uploads/2016/09/m1_guideline.pdf

A cikk APA szabály szerinti hivatkozása

Vörös T. & Sándorné Kovács J. (2020). Kriminalisztikai üvegvizsgálat a Nemzeti Szakértői és Kutató Központban. *Belügyi Szemle*, 69(2), 177-194. <https://doi.org/10.38146/BSZ.2021.2.1>