

Szintartósági vizsgálatok mérőrendszer-elemzése autóipari módszerekkel^{*)}

Gregász Tibor
Óbudai Egyetem RKK

Göndör Vera
Óbudai Egyetem RKK

Pál Veronika
INNOVATEX Zrt.

Kulcsszavak: Szintartósági vizsgálatok, Textiliák, Szubjektív vizuális értékelés, R&R, Mérési bizonytalanság

Összefoglalás

A humánökológiai textiltanúsítványok kritériumai között jelentős helyet foglalnak el a szintartósági vizsgálatok eredményei. Ezek észleléséhez és méréséhez komplex, soktényezős folyamaton keresztül vezet az út, amit végül a próbadarabok és az etalonok közti színínges-különbségek szubjektív vizuális értékelése zár. Mivel az ISO/IEC 17025:2017 szabvány a vizsgálólaboratóriumok akkreditációjának elengedhetetlen feltételként említi az egyes vizsgálati módszerek valamennyi jelentős mérési bizonytalansági összetevőjének meghatározását és elemzését, a szintartósági vizsgálatoknál is szükséges a kérdéses jellemző való értékéhez tartozó mért értékek lehetséges szóródását okozó tényezők minőségi és mennyiségi felmérése.

Az analitikai és mechanikai textilvizsgálatoknál alkalmazott bizonytalansági megközelítések ebben az esetben jellegüknek fogva nem alkalmazhatóak, ezért teljes kutatásunk célja a legnagyobb számban előforduló szintartósági vizsgálatok bizonytalansági összetevőinek meghatározása, elemzése és számszerűsítése volt. Ennek során vetült fény az iparág-szerte széles körben alkalmazott vizuális értékelés döntő szerepére, ahol az operátor nemcsak leolvassza egy mért értéket, hanem meghatározott skálák segítségével ő maga határozza azt meg. Cikkünkben ennek a szubjektív mérőrendszernek a bizonytalanságát is feltérképezzük annak megismételhetőségi és reprodukálhatósági statisztikáinak vizsgálatával, az autóiparban elterjedt R&R mérőrendszer-elemzési eljárással.

Bevezetés

A nemzetközi körvizsgálatokban való részvétel elengedhetetlen része egy laboratórium életének, és visszajelzést ad arról, hogy munkájának színvonala időről időre elér-e a megfelelő tartományt. Mindazonáltal a mért értékek megfelelőségére vagy nem-megfelelőségére kapott válasz önmagában még nem segíti elő a laboratórium fejlesztését, amennyiben az nincs tisztában a mérési eredményeire hatást gyakorló külső tényezők (pl. környezet, mérőeszközök, operátorok) minőségi és mennyiségi jellemzőivel, hatásuk súlyával.

Ezek a tényezők az egy azonos mintadarabon mért eredmények folyamatos ingadozását okozzák, aminek számszerű értékét hívjuk mérési bizonytalanságnak (U – uncertainty).

Ezért érthető, hogy az ISO 17025:2017 szabvány az eddiginél nagyobb hangsúlyt fektet a bizonytalanságot előidéző tényezők meghatározására és nyomon követésükre az akkreditált vizsgálólaboratóriumok esetében. Mivel a textiliák szintartósági szabványai nem adnak meg az eljárásukra vonatkozó U értéket, a laboratóriumoknak önállóan kell annak összetevőit definiálni, és számításukra megfelelő módszert találni. [1]

A mérési bizonytalanság

Az egyik legelterjedtebb definíció szerint a mérési bizonytalanság „a mérési eredményhez társított paraméter, amely a mérendő mennyiségnek ésszerűen tulajdonítható értékek szóródását jellemzi.”¹ Egy vizsgálólaboratórium

precizitását nemcsak az mutatja meg, hogy mennyire mér egy adott referenciaértékhez közeli eredményt, hanem az is, hogy mérési bizonytalanságát és az azt befolyásoló tényezőket mennyire ismeri és szabályozza. Így az egyes vizsgálatokhoz tartozó bizonytalansági érték fejleszthető és fejlesztendő minőségjellemzőt jelent, amelynek segítségével könnyebben prioritizálhatjuk az eljárások helyesbítésére és tökéletesítésére irányuló feladatokat. [2]

A szakirodalom alapján a bizonytalanság megadható az ugyanazon vizsgálatosorozatban a próbadarabokra vonatkozó mérési eredményekből számított szóródási jellemzővel (ún. A típusú meghatározás), vagy egyéb tudományosan megalapozott információk alapján (ún. B típusú meghatározás). Számszerűen a legtöbbször az ún. *kiterjesztett mérési bizonytalanságot* (U) használják, ahol az U az ismételt mérések tapasztalati szórásának kétszereseként definiálunk. [3]

A mérési bizonytalanság témájában több különböző szabvány és segédlet nyújt segítséget, mint például az ISO 5725-ös sorozat, vagy a Nemzetközi Laboratóriumi Akkreditációs Szervezet (ILAC) és az Európai Akkreditációs Szervezet iránymutatásai. Ám ezek mind csupán irányelveket adnak, a szóban forgó vizsgálati eljárásokra vonatkozó konkrét elemzési és értékelési módszer kialakítása a laboratóriumok feladata. [4]

A szintartósági vizsgálatokra és kiértékelésekre vonatkozóan még nemzetközi szinten sem talákoztunk bármilyen konkrét bizonytalanság-meghatározási megközelítéssel, és tapasztalatunk szerint a kutatás már a külföldi textillaborok részéről is érdeklődést keltett.

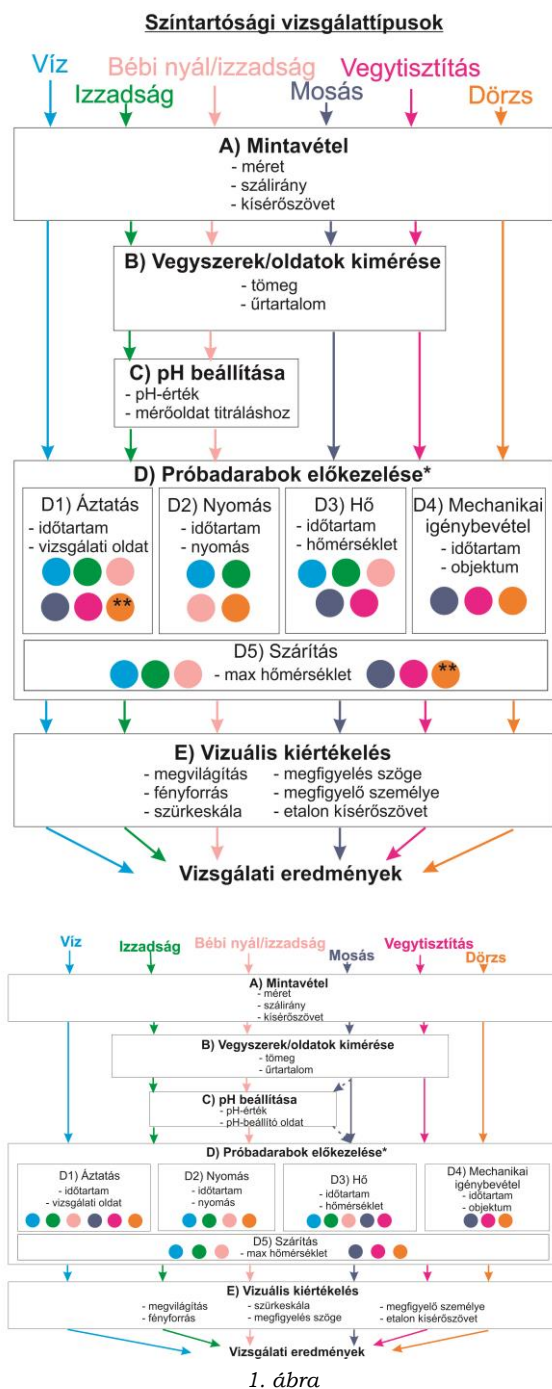
A mérési bizonytalanság és a kockázat

A mérési bizonytalanság ismeretére vonatkozó elvárásnak van egy másik vetülete is. Egyszerű állításunk szerint a mérés bizonytalansága összefüggésben lehet termékek minőségével – és ezen belül – biztonságával. Egy akkreditált labor – és persze a gyári laboratóriumok – feladatai közt szerepelnek olyanok, amikor termékek biztonsági megfelelőségéről kell dönteniük úgy, hogy az objektum kritikus tulajdonsága a határérték előnyös vagy káros oldalán adódik. Ha a mérés bizonytalan, nagyobb a kockázata, hogy a jó terméket rossznak (ún. elsőfajú hiba, amely leginkább a gyártót/kibocsátót károsítja), valamint a hibás terméket jónak (ún. másodfajú hiba, amely már esetleg a felhasználót veszélyezteti) minősítik. Ezért várják el a minőségre vagy más kritérium rendszerekre vonatkozó rendszerszabványok a mérési bizonytalansággal való törődést, és említik kötelezettségnek a csökkentésére vonatkozó fejlesztési igényt.

A szintartósági vizsgálatok és bizonytalansági összetevők

^{*)} Lektorált cikk.

¹ JCGM 100:2008 – Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement



1. ábra

Ezeknek a speciális textilvizsgálatoknak a célja, hogy kiszűrjék azokat a kelméket, vagy egyéb textilipari alapanyagokat, amelyek különféle használati behatások során eresztetni kezdik a rajtuk található színezéket. Az 1. ábrán a több, mint 35-féle, textiliák szintartóságára vonatkozó vizsgálat közül mutatjuk be vázlatosan a leggyakrabban alkalmazott hatot, amelyek a vízzel, izzadsággal, dörzsöléssel, bábinyállal és izzadsággal, háztartási és nagyüzemi mosással, illetve vegytisztítással szembeni szintartósági próbák.

A vizsgálatok elve, hogy a textiliákon vagy szálanyagokon található színezéket vagy nyomatot különböző, a valóságot modellező vegyi és/vagy mechanikai igénybevételnek teszik ki. Ebből következően kétféle eredményt kaphatunk: osztályozásra kerül a próbadarab saját színváltozása, illetve – és általában ez az elvárások által lényegesebbnek tekintett érték – a próbadarabhoz rögzített kísérőszöveteken létrejövő lefogás erőssége is.

Ez utóbbi az a jelenség az, amikor a textiliáról a színezés a dörzsölés vagy az említett nedves közeg hatására átjut a fehér vagy nyers kísérő textiliára és megszínezi azt. Egy szabványos színin-gerkülönbségeket modellező szűrkeskála alkalmazásával a kísérőszövet sötétedését osztályozzák egy 5-ös skálán elhelyezett érték valamelyikével. Ezen az 1 a legrosszabb (azaz a leg-sötétebb) és 5 a legjobb (azaz változatlanul fehér/nyers színű), de fél fokozatok is adhatók. [5; 6]

A vizsgálatok eljárásai hasonló folyamatlépésekből, sok esetben azonos hatásmechanizmusokból állnak, ahol a bizonytalanság forrásai is ezek szerinti paraméterekkel rendelkező modulokká bonthatók. Ezek voltak segítségünk a mérési bizonytalanság forrásainak definiálásában, majd azok értékelésében.

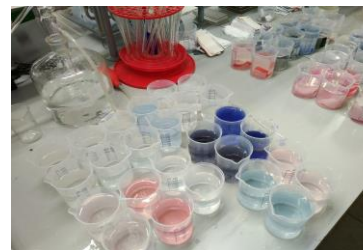
A vizsgálati módszerek folyamatai

A szintartóságnál már a **mintavétel** is kötetlenebb, mint egyéb vizsgálatoknál: egyik vizsgálati szabvány sem hivatkozik az általános, textiliák, fonalak és kelmék mintavételét szabályozó szabványra, és az eljárások túlnyomó részénél még a szálirány sincs meghatározva, csak a 4×10 cm-es próbadarab készítése. Fontos kitétel még a kísérőszövetek alapanyagának kiválasztása. Minden próbadarabhoz az alapanyagának megfelelően vagy egy szabvány által előírt kísérőszövet-párost kell rögzítenünk a megadott módon, vagy pedig egy hatféle szállítóból szőtt, speciális kísérőszövetet. A kísérőszövetek közé helyezett mintát „kompozit próbadarabnak” hívjuk (2. ábra).

Mivel sok eljárás során nedves kezelést kap a minta, a szabványban meghatározott **oldatok** pontos **kikeverése** fontos része a munkának. Ahol ez szükséges, a megfelelő **pH-érték beállítása** is elvárt.

A hozzávalók előkészítése után következik a kompozit próbadarabok **előkezelése**. Az átláthatóság kedvéért ezt az 1. ábra áztatás, hő, nyomás és mechanikai igénybevételre bontja fel, de ezek gyakran térben és időben egyszerre megvalósuló folyamatok. A későbbi kísérletekben felbukkanó, vízzel és izzadsággal szembeni szintartóság esetében például egy 30 perces áztatást követően a minta nyomás alatt kap egy 4 órás hőkezelést a szárítószekrényben, ezzel is provokálva a mintán található színezéket (3. és 4. ábra).

Ezután következik a kompozit próbadarabok **megszáritása**, mely leggyakrabban levegőn, szárítóra kicsipeszelve történik (5. ábra). Ritka esetben alkalmazunk

2. ábra
Rigó Diána munkája

3. ábra

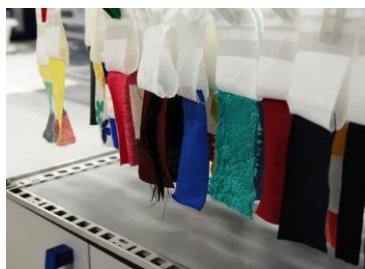


4. ábra

I. táblázat

Szintartósság izzadsággal szemben*	Eszköz	Környezet	Módszer	Mérendő objektum	Operátor**	
A) Mintavétel				próbadarab mérete: (40±2) mm x (100±2) mm (kiv.: fonalak)	**Az operátor feladata a vizsgálat teljes időtartama és valamennyi lépése alatt a teljes mérőrendszer felügyelete, és a megadott paraméterek teljesülésének biztosítása.	
				kísérőszövet	alapanyagának megfelelően	Jelmagyarázat:
B) Vegyszerek/ oldatok kimérése	tármérleg			lúgos oldathoz (I): 0,5 g L-hisztidin 5 g nátrium-klorid 2,5 g dinátrium-hidrogén ortofoszfát dihidrát	bizonytalansági forrás lehet	
	mérőhenger			savas oldathoz (I): 0,5 g L-hisztidin 5 g nátrium-klorid 2,2 g nátrium-dihidrogén ortofoszfát dihidrát	eszköz/műszer rendszeres, dokumentált pontosságellenőrzése/kalibrációja biztosítja	
C) pH beállítása	indikátorpapír			lúgos oldat: pH 8 (±0,2)	operátor kompetenciája biztosítja	
	0,1 mol/l nátrium-hidroxid-oldat			savas oldat: pH 5,5 (±0,2)	akkreditált forrásból beszerelve	
D) Próbadarabok előkezelése					triviális adottság	
D1) Áztatás	üvegbot	hőmérséklet fürdőarány	szobahőmérséklet kb 50:1	időtartam próbadarab mozgatása	30 perc egyenletes átnedvesedésig	a mérési bizonytalanság tárgya
D2-D3) Nyomás és hőkezelés	perspirátor üveg-vagy plexilapok szárítószekrény	hőmérséklet nyomás	(37±2) °C (12,5±0,9) kPa	időtartam	4 h	
D5) Szárítás	csipesz szárító (vagy szárítószekrény)	hőmérséklet	max. 60 °C	függesztés	rétegek érintkezése nélkül	
E) Vizuális kiértékelés	színmérő műszer, VAGY szabad szem és színskála etalon kísérőszövet(ek)	fényforrás megvilágítás	D65 min. 600 lux	megfigyelés szöge kb 90 °	próbadarab színváltozása lefogás a kísérőszöveteken	

* - A szabványok által meghatározott, de rendhagyó és/vagy kivételes paraméterekre jelen táblázat nem tér ki; csupán általános áttekintést kíván nyújtani a vizsgálat során előforduló bizonytalansági összetevőkről.



5. ábra
Rigó Diána munkája



6. ábra

szárítószekrényt a folyamat meggyorsítása érdekében, mely 60 °C-ig megengedett, ám egyszerűbb és költség-hatékonyabb a természetes száradást kívánni. A szárítón a mintával már nem érintkezhetnek a kísérőszövetek; amennyi színezék átkerült rájuk az eddigi előkezelések során, annyit fogunk kimutatni később.

A szintartóssági vizsgálatok legérzékenyebb – és a szabványok által leginkább szabályozott – pontja a kezelt kompozit próbadarabok rétegeinek **vizuális kiértékelése**.

Ez szigorú körülmények között, 6500 K színhőmérsékletű, D65-ös napfénylámpával ellátott, speciális elrendezésű szürke kamrában (vizuálbox) történik, hogy a megfigyelő(k) számára a lehető leginkább reflexfényektől mentes és bármikor azonos körülményeket biztosítsanak a színínger-különbségek érzékelésére (6. ábra).

A vizsgálat valamennyi előírt paraméterének átlátható rendszerezésére egy táblázatot hoztunk létre (I. táblázat), amelyben a mérőrendszer és a folyamat elemei szerint csoportosítjuk a faktorokat, és színkódok segítségével követjük nyomon szabályozottságukat. Ezzel már egyszerűen kiszűrhetjük a további kísérleteket igénylő tényezőket.

A továbbiakban a számunkra legjelentősebb, vízzel és izzadsággal szembeni szintartóssági vizsgálatok számottevő bizonytalansági komponenseit derítettük fel.

Kritikus bizonytalansági összetevők kísérleti meghatározása [7; 8]

A folyamat a **mintavétellel** kezdődik, amire – a méreten kívül – semmiféle hivatkozást nem tartalmaz a szabvány. Ezért kísérletet terveztünk és végeztünk a minta gyártási inhomogenitásából eredő eredménybeli eltérésekre, hogy lássuk, ez mekkora bizonytalanságot jelent. Ezt a bizonytalanságot 75, teljes mértékben azonosan előkezelte mintapár adataiból számítottuk. A becsült szórást alapul véve megkaptuk az U_A variancia-összetevőt. (A metrológiában ez a »kiterjesztett standard bizonytalanság«, amely esetünkben a szórás kétszerese.)

Az **előkezelő oldatok vegyszertartalmát** az ISO 105-E04-es szabvány szerint állítottuk össze. Ekkor az összetevők adagolásakor és mérésekor elkövetett pontatlanságok okozzák a bizonytalanságot. A kimérésekhez a mérlegeken a textilvizsgálati gyakorlat szerint összetevőnként maximum ±0,1 g adagolási hiba fordulhat elő, de megjegyzendő, hogy a szabvány nem ír elő tűréshatárokat, így nem ismerjük a pontossági előírásokat. Eszerint elkészítettük két-két szélsőséges színezék-igénybevétel okozó összetételű oldatot. A legtöményebb és leghígabb oldattal kezelt minták eredményei közt az átlagokat összehasonlító statisztikai próbával kerestük a számottevő eltérést. Ha ezeket a szürkeshálakhoz hasonlítva az eredmény átlagok eltérése szignifikáns, akkor ebből tovább számolunk az „ U ” megadásáig. Mivel nem volt statisztikailag (sem) kimutatható különbség a „gyenge” és az „erős” oldat színskála mellett meglátszó hatása között, ezt jelenleg nem vesszük figyelembe bizonytalansági tényezőként.

A 12 különböző mintából, mintánként és beállításonként 2-2 kompozit próbadarabot készítettünk. A két beállítási szinten kapott osztályzatok átlagának különbsége és korrigált tapasztalati szórása alapján végeztük el a statisztikai hipotézisvizsgálatokat. Bizonyítást nyert, hogy a szélsőségesen (de realis bizonytalanságokból kiindulva) eltorzított vizsgálati paraméterek sem okoznak szignifikáns változást a szürkeshál leolvasható eredményekben. Így a számottevő bizonytalansági komponensek sorából ezúttal kizárhatjuk ezt a tényezőt is.

Az előkezelési paraméterek közül következőként az **áztatás időtartamát** elemeztük, mivel a megadott, 30 perces időtartamra szintén hiányoznak a szabványokból a tűréshatárok, és az egyszerre feldolgozott próbadarabok nagy száma esetén a kezelésüknél előfordulhatnak

percekben mérhető eltérések. Ezért a következő kísérlet arra irányult, hogy a szabályosan 30 percet oldatban töltő próbadarabokhoz képest tapasztalhatunk-e változást egy 45 perces (extrém +50% bizonytalanság) ázó mintacsoport esetében. A vizsgálat típusonként 24 minta eredményei ebben az esetben sem mutattak statisztikailag igazolható eltéréseket. Az oldatokban vagy a vízben történő áztatás okozta változásoknál a szűrkeskálán mind javulás, mind romlás is észlelhető, megközelítőleg 0,03–0,06 skálafokozatnyi átlagos eltérésekkel az eredményekben, ami a gyakorlatilag – és a statisztikai F és t -próbák eredményei szerint is – kimutathatatlan. Így megfontolhatjuk egy néhány perces tűréshatár megadását a vizsgálati utasításban, amit természetesen még validálnunk kell, hogy a napi munka részévé válhasson. Viszont a bizonytalansági tényezők között ennek számszerű értéke nagyságrendileg elhanyagolhatónak ítéltető.

Szignifikáns bizonytalansági összetevőként ítéltük meg ellenben a kezelt és megszáritott próbadarabokon, szűrkeskála alapján történő **vizuális kiértékelés** bizonytalanságát az összetettsége és szubjektivitása miatt. Ezért egy autópárból átvett mérőrendszer-elemzési módszerrel, az R&R vizsgálat (Repeatability and Reproducibility) a célunk volt számszerűsíteni, hogy az operátorok látószerve, tapasztalata és ítéletképesége által adott „mérőeszközök” milyen egyéni precizitással és egybevágó véleménnyel képesek együttműködni, illetve azt a mérendő próbadarabok tulajdonságai mennyire befolyásolják. (Erre később, a vizuális értékelés vizsgálatával foglalkozó fejezetben térünk ki részletesen.)

Az eljárás variancia összetevőinek becslése és összegzése

Az eredő standard bizonytalanságot a következő, szórásnégyzetek összegződésével felírt összefüggés alapján számíthatjuk ki:

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_{n+1}^2}$$

Ez szintartósági vizsgálatok esetén az alábbi általános képlettel adható meg, ahol az indexben található betűjelek megegyeznek az 1. ábrán található vizsgálati lépésekkel – és természetesen szabadon bővíthetők –, a rájuk vonatkozó U érték pedig a kísérleti vagy egyéb úton megállapított, számszerű variancia-értékkel.

$$U = \sqrt{U_A^2 + U_B^2 + U_C^2 + U_D^2 + U_E^2}$$

Ennek megfelelően határoztuk meg a vízzel és izzadással szembeni szintartósági vizsgálatok mérési bizonytalanságának számszerűsített értékét. Miután statisztikai alapon megvizsgáltuk az egyes paraméter-ingadozások eredményekre tett hatását, az adott eljárásaink esetében csak a mintavételi és a vizuális értékelésből származó bizonytalanságot vettük számításba variancia-összetevőként. Előbbi esetben az eredmények szórásából származó kiterjesztett mérési bizonytalanságot számoltuk ki, utóbbinál pedig a később ismertetett R&R vizsgálatlalt kaptuk meg az U -t. [9]

A következő fejezetben látni fogjuk, hogy ezt az eredő bizonytalansági értéket a vizsgált anyag függvényében mennyi minden befolyásolja jelentősen. Ezért fontos tudatosítani, hogy a bizonytalansági tényezők elemzésénél kapott U értékek rendeltetése elsősorban az, hogy mutatószámként a labor saját munkájának minőségéről nyújtson visszajelzést és nyújtson összehasonlítási alapot a későbbiekben. A megrendelőkhöz is felmerülhet jogos igényként, hogy az eredményhez közöljék a mérési bizonytalansági adatát, hogy például a megbízhatósági

tartomány ismert legyen. Ez azonban más laboratóriumok munkájával történő összehasonlításra, vagy egyedi eredmények értelmezésére csak korlátozott mértékben használható.

A vizuális értékelés egyöntetűségének és következetességének vizsgálata: az R&R elemzés [10]

Mivel a próbadarabok szubjektív vizuális értékelése a szintartósági vizsgálatok zömében pontosan ugyanezzel az eljárással zajlik, az említett következetességet és egyöntetűséget az autópárból már régen ismert R&R módszer adaptálásával határoztuk meg. Az eljárással megkapott számértékek a további vizsgálatok bizonytalansági összetevőiként is használhatók lesznek, valamint más adaptációban egyéb vizuális skálákon és mintasorozatokon való meghatározások bizonytalanságát is ennek segítségével számszerűsíthetjük a jövőben. Emiatt is hasznos lehet több erőforrást áldozni a bizonytalanság felderítésére és a módszer megismerésére.

Az autópárból kötelező eljárás, hogy a gyártás indítása akkor hagyható jóvá, amennyiben az egyéb feltételek mellett az összes kritikus vizsgálatra – legyen az műszeres vagy vizuális, méréssel vagy I/N választ adó minősítéssel végzendő – elvégezték azt az elemzést, amiből kiderül, hogy az a termékről kellő következetességgel és az operátorok közötti egyöntetűséggel tudja eldönteni, hogy a specifikációnak megfelel-e vagy sem. Vagyis bármely műszakban, bármely vizsgáló nagy biztonsággal tudja a rosszat, csúnyát, hibásat, életveszélyeset megállapítani a jelentős kockázat miatt. Ennek a vizsgálati tulajdonságnak a mértékét képesek megadni számszerűen az R&R vizsgálatok.

Az R&R elemzés során kiválasztanak az előgyártott termékekből, vagy más hasonló objektumokból egy mintasorozatot, amely mindegyikét több mérő személy, többször is lemér anélkül, hogy a mérés tárgyát adó darabokra és eredményeikre emlékezne.

Az **ismételhetőség** (repeatability, másként rövidítve EV, ami az itt az eszköz – equipment – miatti szóródásra is utal) az a szórási jellemző, ami az operátor rövid idő alatt a teljesen változatlan körülmények között kapható eredmények különbségeiből számítható ki (7. ábra).

A **reprodukálhatóság** (reproducibility, másként AV, ami az értékelők – Appraiser Variation – közti eltérésre utal) az a szórási jellemző, ami a mérési sorozatonkénti



7. ábra



8. ábra



9. ábra

esetleges eltérésekből számítható ki. Ez leegyszerűsítve az ismételt adatsorok átlagának az eltérését jelenti, gyakran az operátorok közötti véleménykülönbségekre (inkonzisztenciára) vezethető vissza (8. ábra).

Lényegében egy egyesített bizonytalansági érték az R&R (GRR, másként gauge R and R), mivel ez az előbbi két szórás négyzetes összegzésével kiszámítható:

$$GRR = \sqrt{EV^2 + AV^2}$$

Ez a vizsgálat annyival több, mint a mérés technikából ismert metrológiai jellemzők, hogy nem egy referenciának való etalon méregetésével nyert ingadozást írja le, hanem a valós mintadarab mérésekor elkövethető összes hibalehetőséget és nehézséget előhívja. Mindezt egyetlen személy ismételt méréseinél, valamint a feladattal megbízható valamennyi operátor mérési sorozatai között figyelembe veszi. Az R&R vizsgálat eredménye megadható az eredeti dimenziókban (esetünkben a színskála fokozatai). Az autópárházban viszont bevált az R&R szórás fajlagosított megadása százalékban kifejezve a tűrésmezőre, ami a munkadarab előírt tulajdonsága toleranciához viszonyít. Lehetséges a fajlagosítás az összes eredményből kalkulált szórásra is, hogy megtudjuk, hogy az eredmények különbségének mekkora részéért felelős a mérési folyamat bizonytalansága. Mindkét százalékos érték annál jobb, minél kisebb.

A módszer a kutatásunk szerint objektív eredményt adó mérőeszközökön kívül a vizuális értékelés által alkotott mérőrendszer hibaösszetevőinek az elemzésére is alkalmas. Így az összesített R&R értéken kívül az egyes kísérőszövet-típusokra és osztályzati szintekre lebontva is megnéztük, hogy ezek milyen mértékben változtatnak az ismétlődésszerűség és reprodukálhatóság mértékén.

Az R&R vizsgálat végrehajtása

Az előkezelési eljárások során létrejött kompozit

10. ábra
Rigó Diána munkája

próbadarabokat szárítás után vizuálisan értékeljük. Az összehasonlítás során az ISO 105-A03 szabványban meghatározott színíngér-különbségekkel rendelkező, kilencfokozatú (1-től 5-ig félfokozatonként osztott) szűrkeskálát (9. ábra) használunk: ezzel vetjük össze a szóban forgó etalon kísérőszövet-darab és az előkezelt próbadarab közti eltérést (10. ábra). A különböző alapanyagú szabványos kísérőszövetek mind alapszínben (pl. az alapanyagánál fogva jelentősen sárgásabb árnyalatú gyapjú), mind szerkezeti jellemzőkben (pl. a kevésbé sűrűn szőtt poliamid és poliakril) is lényegesen eltérnek. Az értékelés során ez olyan változót képviselhet, amit elkülönítve is érdemesnek tartottuk megvizsgálni. Ezen kívül – a korábbi kísérletekhez hasonló módon – az is lényeges szempont volt, hogy a vizsgálatban részt vevő minták közt az osztályzatok teljes terjedelme képviseltesse magát.

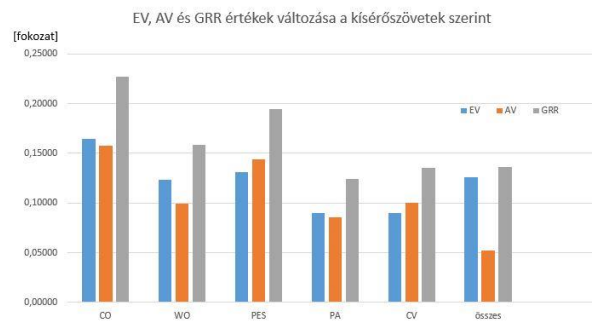
A vizsgálattal a bizonytalanság variancia-tényezőinek, és ezen keresztül a saját, több 10 éves tapasztalattal rendelkező operátoraink által alkotott mérőrendszer képességének feltérképezése volt a cél. A kísérlet során a 6 leggyakoribb kísérőszövet (pamut, gyapjú, poliészter, poliamid, viszkóz, és a dörzsöléssel szembeni színtartóssághoz használt pamut) 12-12 mintáját osztályoztattuk le, operátoronként 3 alkalommal. Azért, hogy a mérést végző személy ne emlékezzen az általa már mért mintára, azokat véletlenszerű sorrendben adagoltuk.

Eredmények, következtetések és célok

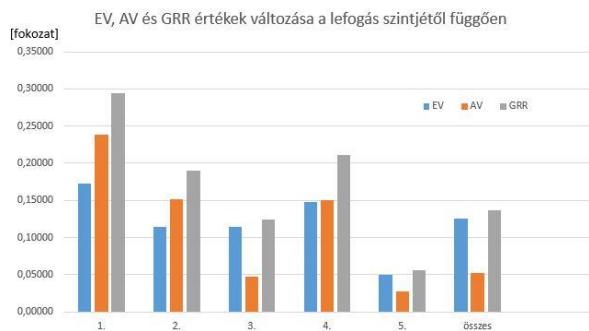
A kísérőszövetek szerint elemzett R&R-értékek meghatározásának célja a szabványos egyszálal etalon szövetek egyes paramétereinek hatásának felderítése az értékelés bizonytalanságát illetően.

Feltételezéseink szerint például a gyapjú kísérőszövet fehérítés nélküli, natúr alapszíne bonyolíthatja a szűrkeskálával történő összehasonlítást, ennél fogva magasabb bizonytalanságot eredményezhet. Ugyanez a kétség merült fel a fehérített, de ritkább szövésű poliamid-kísérőszövetekkel kapcsolatban is. De miután ezek az eredmények kifejezetten alacsonyabb R&R értékeket mutattak, megállapíthatjuk, hogy a gyapjú-, a poliamid- és a viszkóz-kísérőszövetek értékelése kisebb bizonytalansággal jár (11. ábra).

Az osztályzat függvényében változó R&R-értékek vizsgálatát azért tűztük ki célul, mivel az értékeléshez használt szűrkeskála nem lineáris beosztású. Azaz az alacsonyabb – tehát rosszabb – osztályzatok közé eső színíngér-különbségek jóval nagyobbak, mint a magasabb osztályzatok közöttiek. Logikusan ez akár az értékelés bizonytalanságára is statisztikailag kimutatható hatással lehetne, hiszen a nagyobb színíngér-különbségeket biztosabban érzékeli az emberi szem. Ugyanakkor az észlelés biztonságát az is befolyásolhatja – csak épp az ellenkező irányban –, hogy a vizsgált textiliák zömében jó (4



11. ábra



12. ábra

és 5 körüli) eredményeket mutatnak, így az operátorok pályafutásuk durván 90%-ában osztályoznak 3,5 feletti, és csak 10%-ában 3,5 alatti értékeket. Így viszont elképzelhető volt, hogy akár a jobb osztályzatok adásában szerzett gyakorlat – és így a rosszabb osztályzatok feletti döntések „gyakorlatlansága” is megmutatkozik az eredmények bizonytalanságán (12. ábra).

Az eredmények láttán azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a fenti feltételezések közül egyik hangsúlyosága sem igazolható egyértelműen. Valószínű, hogy az osztályzás során egyéb tényezők is kifejtik hatásukat (például a koncentráció változékonysága, vagy akár egyéb pszichológiai szempontok), ezért az osztályzatok egyértelműen kimutatható módon nem korrelálnak a bizonytalansági értékekkel, a feltételezés megalapozottsága ellenére.

Ha kivonatossan akarnánk megmutatni a vizuális értékelés bizonytalansági problémájának további kutatási területeit, az alábbi munkaterv körvonalazódna:

- A mérési bizonytalanság értékének függése a kísérőszövet alapszínétől, sűrűségi értékeitől.
- Csak részben hasonló értékeléseknél, pl. a dörzsállóság vizsgálatoknál a mintázottság hatását a lefogás bizonytalanságára.
- A szűrkeskálán szerzett bizonytalansági tapasztalatok kiterjesztését elsőként az ún. kékskálákra (fény-nyel és időjárással szembeni színtartósági tesztekkel előforduló skálatípus), vagy más vizuális etalonsorokra.
- Megállapítható és kimutatható, hogy ezen skálák egyes fokozatainál kisebb a meghatározás bizonytalansága, míg más részekben nagyobb. Ezt a skála bizonytalansági karakterisztikájának neveztük el és pl. az operátor gyakorlati ideje vagy a terméktől elvárt határérték közelsége miatti pszichés attitűd pontos meghatározása és egyéb befolyásoló összetevők számszerű azonosítása is cél.

Összefoglalás

A kutatás során az akkreditált vizsgálólaboratóriumok működésére vonatkozó ISO 17025:2017 szabvány egyik elvárásának eleget téve a hat leggyakrabban előforduló színtartósági vizsgálatunkra meghatároztuk és rendszereztük a bizonytalansági összetevőket. Ezután közülük a vizzel és izzadsággal szembeni eljárások eredményeiben feltehetőleg eltérést előidéző vizsgálati

tényezőket kísérletnek vetettük alá és statisztikai módszerekkel felderítettük relevanciájukat. Szignifikáns bizonytalansági komponensként azonosítottuk a mintavételből és a vizuális értékelésből származó hatásokat. Az autóiiparban elterjedt mérőrendszer elemzési módszer adaptációjával adtuk meg a két vizsgálat laborspecifikus, eredő standard bizonytalanságát. Kezdeti kísérleteket végeztünk arra, hogy mennyire befolyásolja a skálán való értékelés bizonytalanságát az alkalmazott kísérőszövet típusa, illetve az adott osztályzat, tehát az előkezelések során kialakult színingerkülönbség intenzitása.

Az egyes vizsgálatok bizonytalansági értékének figyelemmel kísérése a laboratórium folyamatos fejlesztésében nyújthat hasznos segítséget, hiszen minőségmutatóként követhetővé teszi az eredmény ingadozását befolyásoló összetevők felfedését és kontrolláltságát. A jövőben azonban tovább növekedhet jelentősége, amennyiben a laborközi körvizsgálatok részeként is meg kell adni az adott eljárás U értékét – ahogyan ez bizonyos esetekben már meg is jelent. Viszont amíg az egyes vizsgálatok bizonytalansági összetevőinek értékelésére nincs egy nemzetközi szinten is egységes módszertan meghatározva az ágazaton belül, addig ezek a számok laborközi összehasonlításra nem alkalmasak. A cikkben leírt eljárás akár egy lehetséges megoldást nyújthat erre, a jövőben a mérés jellegzetességeinek megfelelően finomítva, valamint kiindulásul más szubjektív vizsgálatok bizonytalanságának meghatározásához.

Köszönetnyilvánítás

Köszönjük az INNOVATEX Textilipari Műszaki Fejlesztő és Vizsgáló Intézet munkatársainak, hogy a kísérletekben nyújtott aktív részvételükkel és a kutatás folyamán tanúsított együttműködésükkel és türelmükkel támogatták a cikk elkészülését.

Felhasznált irodalom

- [1] ISO/IEC 17025:2017 – General requirements for the competence of testing and calibration laboratories
- [2] EA Laboratory Committee: JCGM 100:2008 – Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement, 2003
- [3] EA-4/16 G:2003 – EA Guidelines on the expression of uncertainty in quantitative testing
- [4] ILAC-G17:2002 Introducing the Concept of Uncertainty of Measurement in Testing in Association with the Application of the Standard
- [5] MSZ EN ISO 105-A01:2010 – Textiliák. Színtartósági vizsgálatok. Általános vizsgálati elvek
- [6] ISO 105-A03:1987 – Textiles – Tests for colour fastness – Grey scale for assessing staining
- [7] ISO 105-E01:2013 – Textiles – Tests for colour fastness – Colour fastness to water
- [8] ISO 105-E04:2013 – Textiles – Tests for colour fastness – Colour fastness to perspiration
- [9] Gregász T., Pál V.: Management of measurement uncertainty as a system in an accredited laboratory. Proceedings of the 7th International Joint Conference on Environmental and Light Industry Technologies, ISBN 978-963-449-164-4, Budapest, 11.2019
- [10] AIAG: Measurement Systems Analysis (MSA), 3rd edition