

Fráter-Szegedi Judit,¹ Tisza István²

Egyéni védőeszköz és mesterséges intelligencia

A védelem jövője

Personal Protective Equipment and Artificial Intelligence The Future of Protection

Absztrakt

A technológia fejlődése a munkabiztonság területén is érzékelhető. Megnövekedett az igény a védőeszközök védelmi szintjének növelésére, lévén egyre több veszéllyel érintettek a tevékenységet végző munkavállalók. Az intelligens eszközök fejlesztése azonban nem költséghatékony, nem is feltétlenül megtérülő befektetés (munkavállalói oldalról is szükséges az egyes funkciók elfogadása, akarniuk kell az eszközöket használni), emellett a jogszabályi háttér megalkotása is elvégzendő feladat még. A technológia teljes ismerete szükséges ahhoz, hogy a megfelelőségtanúsítási folyamatok eredményeként biztonságos, jól használható eszközt kapjanak a felhasználók. A szabványosítás, a fogalmi keretek meghatározása nehézkes. Számos kihívással szembesül a gyártó, a megfelelőségtanúsító szervezet, illetve a felhasználó is, főként akkor, ha a munkabiztonsági kultúra is erőteljesen fejlesztendő, és növelni kell a munkavállalói tudatosságot.

Kulcsszavak: intelligens védőeszközök, szabványosítás, funkciók, tudatosság, jogszabály, fogalmi keret

¹ E-mail: szegedi.judit85@gmail.com

² E-mail: istvan.tisza2@katved.gov.hu

Abstract

The development of technology can also be felt in the field of occupational safety. The need to increase the level of protection of protective equipment has increased, since the workers performing the activity are affected by more and more dangers. However, the development of smart devices is not a cost-effective, nor is it necessarily a profitable investment (acceptance of certain functions is also necessary from the employee's side, they must want to use the devices), in addition, the creation of the legal background is still a task to be completed. Full knowledge of the technology is necessary so that users receive a safe, easy-to-use device as a result of the conformity certification processes. Standardization and definition of conceptual frameworks are difficult. The manufacturer, the conformity certification organization, and the user are also faced with many challenges, especially if the work safety culture also needs to be strongly developed and employee awareness needs to be increased.

Keywords: intelligent protective devices, standardization, functions, awareness, legislation, conceptual framework

Bevezetés

A munkahelyi környezet dinamikus változása, a munkavállalókat érő kockázatok folyamatos bővülése hívta életre azt az igényt, hogy az egyéni védőeszközöket (PPE)³ intelligens rendszerekké alakítsák át. A technológia fejlődése megteremti annak lehetőségét, hogy az egyéni védőeszközök ne pusztán passzív védelmet jelentsenek a munkavállaló számára, hanem aktívan figyeljék a környezet változásait, és reagáljanak azokra. A fejlett, MI-algoritmussal ellátott érzékelők valós idejű adatokat gyűjtenek, elemeznek, dolgoznak fel, és azonnali visszajelzésekkel reagálnak, figyelmeztetik az eszköz viselőjét a potenciális veszélyre. Az intelligens vagy okoseszközök alkalmazásának létjogosultságát a körülmények gyors és nagymértékű, állandó változása, a védelmi szintek növelésének igénye adja.

A felhasznált anyagok fejlesztése nem minden esetben jár együtt a kényelemmel, a használhatósággal vagy a könnyű, ergonomikus viselettel (lásd például a tűzoltók bevetési védőruháit). Az intelligens/okos kitétel azonban nem csupán az adatfeldolgozásban jelenhet meg: az öngyógyító anyagok szintén a védelmi szint növekedését célozzák, a rugalmas, szabad mozgás biztosítása mellett. A kor elvárásainak a hagyományos védőeszközök nem képesek teljes mértékben megfelelni. A munkahelyek, ipari folyamatok változása, a technológiák fejlődése új típusú veszélyeket hoz magával, sok esetben exponenciálisan növelve a munkavállalókat érő káros hatások mennyiségét.

A változások minőségi változást is hoznak: számos új vegyi anyag kerül a piacra, amelyek kezelési szükséglete nem ismert; nagyobbak az épületek; bonyolultabbak a technológiák; másabbak az igények.⁴ Az alkalmazás előnyei, az erre való igény

³ PPE: personal protective equipment.

⁴ THIERBACH 2020.

megkérdőjelezhetetlen (a hagyományos védőeszközök sok esetben nem hatékonyak, a kockázatokat nem tudják teljes egészében csökkenteni, vagy esetleg viselésük többletkockázatot jelent – zajos környezetben viselni kellene a hallásvédelmi eszközt, azzal együtt azonban nem hallhatja például az utasításokat), azonban nem hagyható figyelmen kívül, hogy a nem hagyományos védőeszközök fogalmi körének meghatározása önmagában sem egyszerű feladat. Emellett a jogalkotással és a szabványosítással kapcsolatban is sajátos kihívások övezik a témát. A megfelelőségértékelő folyamat során ugyanis a gyártó, a bejelentett szervezet köteles az okosvédőeszközt teljes egészében vizsgálni.⁵

A tanulmány célja az intelligens védőeszközök fejlesztésének és alkalmazhatóságának vizsgálata a munkahelyi biztonság növelése érdekében. A kutatás során feltárjuk az új technológiák nyújtotta lehetőségeket, azok előnyeit és kihívásait, valamint a jogalkotási és szabványosítási folyamatok szükséges lépéseit, a nehézségeket. Továbbá célunk a munkavállalói tudatosság növelése és a biztonsági kultúra fejlesztése annak érdekében, hogy a modern védőeszközök alkalmazásával minimalizálni lehessen a munkahelyi veszélyeket és baleseteket. A technológia olyan fejlődési ívet rajzol, amely egyértelmű és jelentős hatást gyakorol valamennyi gazdasági ágazatra. Az egyéni védőeszközök fejlesztése során alkalmazható új technológiák az eszközök védelmi szintjét tovább növelhetik úgy, hogy azok viselési komfortját, használhatóságát nem rontják. Az alkalmazhatóság azonban ennél jóval bonyolultabb kérdéskört határoz meg: a megfelelőségtanúsítás folyamata, a vonatkozó követelmények megfogalmazása, az ezeknek való megfeleltetés, a felhasználókat érő kihívások abba az irányba mutatnak, hogy az intelligens védőeszközök alkalmazása kiaknázatlan lehetőség, de nagyon a folyamat elején tartunk. A tanulmány célja a vonatkozó szakirodalom áttekintése, az egyes területek nehézségeinek megfogalmazása a teljesség igénye nélkül.

A vizsgálat módszere a nemzetközi és a hazai szakirodalom, a korábban a témában végzett kutatások szisztematikus áttekintése (Ammad és munkatársai végeztek hasonló áttekintést 2008-ig visszamenőleg).⁶ Az intelligens védőeszközök alkalmazhatóságát és az ezzel kapcsolatos kihívásokat szakértőkkel és munkavállalókkal készített interjún keresztül kívánjuk a jövőben vizsgálni. A használat konkrét példáit esettanulmányok segítségével igyekszünk elemezni. Empirikus vizsgálatok során mérhető adatok alapján értékelhető a gyakorlati alkalmazhatóság és a hatékonyság. Összefoglalva, a kutatás során különböző módszereket alkalmazunk annak érdekében, hogy átfogó képet kapjunk az intelligens védőeszközök fejlesztéséről, alkalmazhatóságáról, valamint a használat során felmerülő előnyökről és kihívásokról. Célunk, hogy hozzájáruljunk a munkahelyi biztonság növeléséhez és a munkavállalói tudatosság fejlesztéséhez, ezáltal minimalizálva a munkahelyi veszélyeket és baleseteket.

⁵ THIERBACH 2020.

⁶ AMMAD et al. 2021: 3495–3507.

Intelligens védőeszközök

Ahhoz, hogy az intelligens védőeszközök problémakörét vizsgálni tudjuk, szükséges a vonatkozó fogalmak megfelelő definiálása. A hagyományos védőeszközök jogszabályban meghatározottak, az intelligens védőeszközök meghatározása azonban jóval nehezebb. A hagyományos kitétel a jogszabály nem alkalmazza. A 65/1999. (XII.22.) EüM rendelet az alábbiak szerint adja meg az egyéni védőeszköz definícióját:

„a) egyéni védőeszköz:

aa) minden olyan eszköz, amelyet a munkavállaló azért visel vagy tart magánál, hogy az a munkavégzésből, a munkafolyamatból, illetve a technológiából eredő kockázatokat az egészséget nem veszélyeztető mértékűre csökkentse, továbbá

ab) az eszköz bármely kiegészítése vagy egyéb segédesség, amelynek a feladata az aa) pont szerinti cél elérése (a továbbiakban aa) és ab) pontok együtt: védőeszköz)”⁷

Az intelligens eszközök „hagyományos” eszközökbe integrált érzékelők, mesterséges intelligencia vagy gépi tanulás összessége. Továbbfejlesztett anyagok, elektronikus alkotóelemek révén magasabb szintű biztonságot nyújtanak a kényelmi funkció megtartása mellett.

„Minden egyéni védőeszköz, amelyik megkönnyíti az emberi tevékenységet, gyorsítja a munkavégzést, időt takarít meg, visszajelzést ad (akár vészjelzést is, de olyat, amit nagyon könnyen, nagyon gyorsan tudunk azonosítani) a felhasználó számára, magasabb szinten biztosítja a védelmet, mint enélkül lenne a védelem, megelőzhető lesz a munkabaleset, megelőzhetjük a munkavállaló sérülését, információt ad a környezetnek, a munkavezetőnek, a központnak vagy más érintettnek, mindezek intelligens egyéni védőeszköznek minősülnek.”⁸

A passzív intelligens egyéni védőeszköz olyan anyagból készült, olyan kialakítással, amely az eszközt érő hatásokkal szemben magasabb szintű védelmet képes nyújtani, a kockázatok gyorsan és jól azonosíthatóvá válnak. A munkavállaló rendelkezésére álló információk képesek a személyes védelmet magasabb szintre emelni (zuhanásjelző, kopásjelző, szűrőbetét-telítettség indikátor, UV-fény-igénybevétel visszajelzője, pH-érték-visszajelző festék, energiaelnyelő anyag, intelligens textilek). Az aktív eszközök annyiban különböznek ezektől, hogy ezekbe aktív kiegészítők és eszközök vannak beépítve, amelyek mind a felhasználónak (munkavállaló), mind a munkáltatónak információt szolgáltatnak a munkakörnyezetről (hőmérséklet, relatív páratartalom), a lehetséges veszélyekről, a munkavállalókat érő kockázatokról, a személyes adatokról, illetve a munkavégzéshez kapcsolódó adatokról. Ilyen aktív eszköz lehet:

- RFID (*radio frequency identification* – rádiófrekvenciás azonosítás),
- jeladók,

⁷ 65/1999. (XII. 22.) EüM rendelet a munkavállalók munkahelyen történő egyéni védőeszköz használatának minimális biztonsági és egészségvédelmi követelményeiről 2. § (1) bekezdés.

⁸ HEGEDŰS 2021: 39.

- biometria adatok, levegő, hőmérséklet, káros anyag stb. visszajelzése – környezeti adatok mérése,
- visszajelző szenzorok,
- LoTo⁹, robotok, drónok,
- nanotechnológia stb.¹⁰

Valamennyi, nem passzív védelmet nyújtó eszköz számos funkciót képes ellátni, különleges tulajdonságokkal ruházzák fel a mesterségesintelligencia-eszközök, nanotechnológiai megoldások, elektronikai egységek segítségével. Viszonylag új, gyorsan fejlődő terület, a technológia adta lehetőségek folyamatosan bővülnek, a határok nem húzhatók meg élesen, elmosódnak. Gyakran vannak a különböző technológiák között átfedések. Az intelligens védőeszközök csökkentik a veszélyeknek való kitettséget, valamint adatokat gyűjtenek, és értesítéseket, figyelmeztetéseket küldenek a védőeszközt viselőknak a körülmények megváltozásáról (ennek főként akkor van jelentősége, ha a gyors és külső körülményekhez való automatikus alkalmazkodás akár életet is menthet – például veszélyes üzemekben súlyos üzemzavar vagy katasztrófa helyzet bekövetkezése esetén, amikor nem ismert az anyagok egymásra hatásának minden következménye).

A hagyományos védőeszközök komoly munkabiztonsági tudatosságot igényelnek a munkavállalóktól, munka- és időigényes a körülmények felülvizsgálata. A biztonsági előírások paraméterei a megnövekedett komplexitással, a technológiai fejlődéssel, a globalizációval, az idő- és költségnyomással, egyéb vezetői elvárással, az érdekelt felek magasabb elvárásaival nem képesek valós időben tartani a lépést.¹¹ A kényelmetlen munkahelyzetek automatikus észlelése talpbetét segítségével,¹² valós idejű védőfelszerelés-figyelő rendszerrel,¹³ EEG és Random Forest Classifier segítségével megvalósuló álmoság- és esésészleléssel, okoscipővel készített valós idejű, 3D-s térképpel¹⁴ a védőeszközök messze túlmutatnak a passzív védelmen.

A nem hagyományos védőeszközök, intelligens eszközök tehát nem kizárólag attól lehetnek intelligensek, hogy valamilyen elektronikus alkotóelemet tartalmaznak. A meghatározás ezért nehézkes. Az intelligens eszközök nagy részénél valóban az elektronika eredményezi az okos kitételt: egy hagyományos eszköz érzékelővel, detektorral, adatátviteli modullal, akkumulátorral, kábelekkal és/vagy más elemekkel ötvözve. Az értékelők segítségével mérhető a munkavállaló munkaképessége adott időpillanatban, a körülmények változásának megfelelően valós időben. A vegyi üzemekben bekövetkező katasztrófa helyzetek során a beavatkozást végzők számára eddig nem volt lehetséges a mérgező gázok, keverékek vagy az extrém magas hőmérséklet detektálása, sem a bevetést követő állapotra vonatkozó információk elérhetővé tétele,

⁹ A LoTo a Lockout/Tagout kifejezés rövidítése. Magyarul kizárás-kitáblázás. Karbantartás során alkalmazott eljárás a gépek, berendezések véletlenszerű beindításának megakadályozása, az elsődleges vagy a felszabadult tárolt veszélyes energia okozta baleset megelőzése a célja.

¹⁰ HEGEDŰS 2021.

¹¹ RASOULI et al. 2024.

¹² ANTWI-AFARI 2018: 433–441.

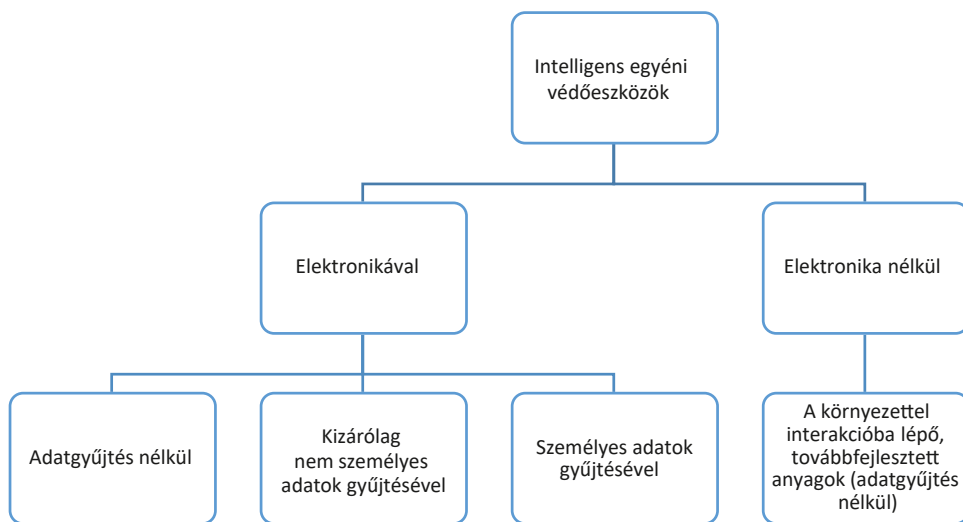
¹³ BARRO-TORRES et al. 2012: 42–50.

¹⁴ NGUYEN et al. 2016: 2–12.

napjainkban azonban a védőeszközökkel képesek a munkakörülményeket veszélyes helyzetben is optimalizálni.¹⁵

Az intelligens eszközök meghatározásakor alapvető kitétel a környezettel való valamilyen mértékű interakció, a környezeti feltételekre való valamilyen szintű reagálás képessége. Az Európai Szabványügyi Bizottság (CEN) kísérletet tett a fogalom definiálására: „Az intelligens egyéni védőeszköz olyan egyéni védőeszköz, amely [...] rendeltetésszerűen és hasznos módon reagál vagy a környezetében beálló változásokra, vagy valamilyen külső jelzésre/bemeneti adatra.”¹⁶

Az 1. ábrán jól látható, hogy az intelligens egyéni védőeszközök köre meghatározható az alapján, hogy tartalmaz-e elektronikát, vagy sem, illetve történik-e adatgyűjtés, és amennyiben igen, milyen jellegű. Az elektronikával felszerelt, de adatot nem gyűjtő eszközre példa a láthatósági öltözet világítással kiegészítve, vagy ellenállásfűtőként működő intelligens hővédő textil. A nem személyes adat lehet az egyéni védőeszköz állapotára vonatkozó adat, vagy a felhasználó általi közvetlen elemzés céljából, vagy az adatok továbbítását követően egy központi vezérlési pont általi elemzés céljából, vagy későbbi elemzés céljából, illetve a viselő környezetére vonatkozó adat. A személyes adatok biometrikus, helymeghatározási, mozgásfelderítési adatok lehetnek. Az elektronika nélküli eszközök (utolsó oszlop) közé azok a védőeszközök sorolhatók, amelyek például rázkódáscsillapítással vannak felszerelve, vagy a bizonyos anyagokkal érintkezve színüket megváltoztató kesztyűk.¹⁷



1. ábra: Intelligens egyéni védőeszközök, összetétel és adatgyűjtési képességeken alapuló osztályozás

Forrás: Thierbach 2020: 2 alapján a szerző szerkesztése

¹⁵ THIERBACH 2020.

¹⁶ THIERBACH 2020: 2.

¹⁷ THIERBACH 2020.

Az intelligens egyéni védőeszközök létjogosultságát az a megnövekedett igény, egyre fokozódó állapot adja, amely a munkabalesetek számának stagnálásához/növekedéséhez köthető. Világszerte minden 15. másodpercben meghal egy munkavállaló munkabalesetben, Magyarországon kéthetente három a halálos munkabalesetek száma átlagosan (ennek nagy részét a mezőgazdaság, az építőipar, a feldolgozóipar „produkálja”). A munkavállaló hatékony védelmét sok esetben nem lehet zárt technológiával, kollektív műszaki védelemmel, megelőzési, szervezési intézkedésekkel biztosítani, szükség van egyéni védőeszközök használatára. A technológia fejlődése (gépek, berendezések, munkaeszközök) szükségszerűen magával hozza azt is, hogy az eszközöknek is magasabb szintű védelmet kell biztosítaniuk. Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2016/425. számú rendelete II. mellékletének 3. pontja foglalja össze a legcélrörőbben: „Az alapvető egészségvédelmi és biztonsági követelményeket a tudománynak a tervezéskori és gyártáskori állását és az aktuális gyakorlatot, valamint a magas fokú egészség- és biztonságvédelemmel összhangban lévő műszaki és gazdasági megfontolásokat figyelembe véve kell értelmezni és alkalmazni.”¹⁸ A gyártónak kötelessége arról gondoskodni, hogy „az egyéni védőeszköz a tudomány mindenkor állását figyelembe véve folyamatosan megfeleljen a vonatkozó alapvető egészségvédelmi és biztonsági követelményeknek”.¹⁹ Az intelligens védőeszközök használatával biztosítható a munkavállalók számára az, hogy

- a leghatékonyabb védelmet biztosító védőeszközt viseljük;
- ellenőrizhető legyen, hogy viselik-e a szükséges eszközöket;
- a munkavállaló egyértelmű jelzést kapjon arról, hogy a védőeszköze funkcionálisan megfelelő-e, a védelmi képessége az előírtnak megfelelő-e;
- a munkáltató/munkavállaló adekvát információkkal rendelkezzen a munkakörnyezetről és a munkavállaló biometrikus adatairól;
- az azonnali kommunikáció biztosított legyen a munkavállaló és a munkáltató között;
- a kötelezően viselendő egyéni védőeszköz a maximális hatékonyság mellett a kényelmi elvárásoknak is teljes mértékben képes legyen megfelelni.²⁰

Nemzetközi vs. hazai szakirodalom – értékelés

A téma vizsgálata a szakirodalom áttekintésével kezdődik. A vonatkozó tanulmányok, konferenciaközlönyök, kutatási projektek széles körű volta, komplexitása egyértelműen megmutatja, hogy az intelligens védőeszközök létjogosultsága megkérdőjelezhetetlen valamennyi nemzetgazdasági ágazatban, a világ és az élet minden területén. Jelen cikk szempontjából a munkavédelem a leginkább releváns.

A nemzetközi szakirodalom szerteágazó módon vizsgálja az intelligens eszközök alkalmazhatóságát, a kihívásokat, a lehetőségeket és a jövőbeli irányokat egyaránt. Munkavédelmi vonatkozása azonban jóval kevesebb van, mint például az egészségügyben

¹⁸ Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2016/425 rendelete (2016. március 9.) az egyéni védőeszközökről és a 89/686/EGK tanácsi irányelv hatályon kívül helyezéséről (EGT-vonatkozású szöveg).

¹⁹ HEGEDŰS 2021: 38–43.

²⁰ HEGEDŰS 2021.

(pulzusszám, magzatmozgás, egészségmegfigyelés, mozgásszervi betegségek kockázátértékelése stb.). A védőfelszerelések nagymértékben leszűkítik a vizsgálati területeket. Ewa Skrzetuska és Paulina Rzeźniczak olyan forradalmi innovációkat taglal, amelyek rugalmas elektronika integrálásával teszik lehetővé a hordható egészségügyi monitorkok, az interaktív ruházat és az energiatermelő szövetek létrehozását, az irányt tehát egyértelműen kijelölik. A gyors és nagymértékű fejlődéssel kapcsolatban azonban kritikát is megfogalmaznak: a fenntarthatóság és a körkörösség szempontjából nem feltétlenül működőképes alternatíva (a legtöbb tanulmány nem tér ki arra, hogy ezen eszközök az élettartamuk végén is számos kihívást támasztanak műszaki, gazdasági és környezetvédelmi szempontból egyaránt, figyelembe véve az újrahasznosítási technológiákat és a szakpolitikai környezetet).²¹ A tudományos konferenciák, kutatási projektek jellemzően szintén az egészségügyi alkalmazhatóság irányába mutatnak.

Az intelligens egyéni védőeszközök területén az elmúlt évtizedben robbanásszerűen megnőtt a témában végzett kutatások száma. A nemzetközi szakirodalomban fellelhető tanulmányok egyértelműen reflektálnak a technológia és a munkahelyi biztonság iránti erősödő kereslet szükségszerű kapcsolatára, de nem feltétlenül a kellő mértékben. A legújabb technológiák gyors terjedésének irányán kívül marad a munkavédelem. A témában íródott cikkek, a végzett kutatások a viselhető technológiák fejlődését jelenítik meg részletesen és széleskörűen, a biometrikus adatok feldolgozása, a valós idejű figyelmeztetések, a prediktív analitika fokális pontnak tekinthető, a munkavállalók biztonságához hozzájárul, a vonatkozó szakirodalom áttekintése során szerzett tapasztalatok alapján nem ez élvez prioritást. A szenzorok, az IoT- (Internet of Things) megoldások, a mesterséges intelligencia, az integrált PPE-rendszerek mélyebb kutatása iránti igény erősödése még várat magára. A széles körű alkalmazás elsősorban az egészségügyben jelenik meg, a szakirodalmak is ezt az irányt taglalják, noha az építőipar, a gyártás és a feldolgozóipar, a mezőgazdaság is figyelmet érdemelne (tekintve, hogy a súlyos és/vagy halálos kimenetelű munkahelyi balesetek nagy számban ezen nemzetgazdasági ágazatokhoz köthetők). Kicsivel nagyobb figyelmet fordítanak a jogi és etikai aspektusokra (adatvédelem, magánélet tiszteletben tartása, munkahelyek védelme). A jogszabályi megfelelés (a vonatkozó előírásoknak való megfelelés) azonban még inkább feltáratlan terület. Ez nélkülözhetetlen az intelligens eszközök sikeres integrációjához. A legjellemzőbb terület a kihívások áttekintése: magas költségek, felhasználói elfogadás, tudatosság, technológiai integráció komplexitása. A jövőbeni kutatások tárgya a technológia integrációja mellett egyértelműen a költségcsökkentés, a költséghatékonyság (és önmagában a hatékonyság). Az igények növekedésével feltehetően a munkahelyi biztonság is jóval nagyobb hangsúlyt kap.

A hazai szakirodalom kevésbé komplex a téma kapcsán, mivel az viszonylag új terület. Számottevő növekedés tapasztalható a vonatkozó kutatások tekintetében. Ennek oka, hogy egyre nagyobb az igény a munkahelyi balesetek megelőzésére, a munkavállalók védelmére. Az eszközök fejlesztése a hatékonyság érdekében történik (minél magasabb védelmi szint elérése) oly módon, hogy a kényelmi funkció se szoruljon háttérbe. Nagyobb hangsúlyt kap az alkalmazhatóság, az alkalmazott technológiák integrálhatósága, illetve a jogszabályi környezet erős hiányossága. Az alkalmazott

²¹ SKRZETUSKA–RZEŹNICZAK 2025.

technológiák bemutatása fejlődő tendenciát mutat, figyelembe veszi az intelligens eszközök munkavédelmi gyakorlatba való integrálhatóságát, az azonban egyértelmű, hogy hazai vonatkozásban is van hová fejlődnie a téma kutatásának. A tudományos diskurzus a folyamat elején tart. A jogi és etikai kérdések, a munkahelyi biztonság nehézségei, a költségvetési korlátok, a technológiai ismeretek hiánya, az elfogadottság problémái jelentős mértékben meghatározzák a hazai szakirodalom kutatási irányát.

Jogszabályi környezet

Az egyéni védőeszközök biztosításával, kiválasztásával, használatával, karbantartásával stb. kapcsolatban jogszabályok és rendeletek határozzák meg a vonatkozó követelményeket (jelen esetben a korábban a jogszabályban meghatározott egyéni védőeszköz tekintetében, az intelligens eszközök vonatkozásában a szabályozás nem, vagy nem teljes mértékben értelmezhető). Ezek a következők:

- 1993. évi XCIII. törvény a munkavédelemről;
- 61/1999. (XII. 1.) EüM rendelet a biológiai tényezők hatásának kitett munkavállalók egészségének védelméről;
- 65/1999. (XII. 22.) EüM rendelet a munkavállalók munkahelyen történő egyéni védőeszköz használatának minimális biztonsági és egészségvédelmi követelményeiről;
- 16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról;
- 11/2003. (IX. 12.) FMM rendelet az ipari alpinechnikai tevékenység biztonsági szabályzatáról;
- 18/2008. (XII. 3.) SZMM rendelet az egyéni védőeszközök követelményeiről és megfelelőségének tanúsításáról;
- 17/2013. (VI. 4.) NGM rendelet az egyéni védőeszközök megfelelőségét értékelő szervezetek kijelölésének, tevékenységének, valamint ellenőrzésének különös szabályairól.



2. ábra: Munkavédelmi kesztyűk jelölései

Forrás: Magyar szabvány – Védőkesztyűk mechanikai kockázatok ellen 2019

Az európai szabványok általános és speciális követelményeket tartalmaznak. A védőkesztyűk tekintetében például az MSZ EN 420 tartalmazza az általános követelményeket (úgy mint a méretezés, a fogásbiztonság, a szükséges jelölések, az azonosítással kapcsolatos előírások stb. – bőrkesztyűk esetében 30–180 perc vízállóságot ír elő). Az MSZ EN 407 határozza meg a kesztyű termikus védelmi képességeinek megfelelő teljesítményszinteket – a jelöléseket lásd a 2. ábrán.²²

Gyúlékonysággal szembeni ellenállás (a) (15 másodperc égés után a varratok épsége mellett) az utánlángolási időtartam kevesebb mint 20 másodperc (≤ 20). Kontakt hővel szemben (b) (belső felület-hőmérséklet hány foknál emelkedik 10 °C-ot) 350 °C-ig ellenáll, a konvektív hővel szemben (c) több mint 4 másodpercig ellenáll (a belső hőmérséklet hány másodperc alatt emelkedik 24 °C-kal). Sugárzó hővel, kis mennyiségű olvadt fém-mel, nagy mennyiségű olvadt fémmel szembeni ellenálló képessége (d., e., f.) szintén a szabvány által meghatározott teljesítményszinteket mutatja. A mechanikai ártalmak elleni védelem (MSZ EN 388) a koptató-, a vágóhatás, a szakítóerő, a szúróhatás stb. elleni védelem szintjét jelenti. Az intelligens (szenzorral, elektronikával, nanoréteggel stb. ellátott) védőkesztyű védelmi szintjének meghatározása ezekkel a mérőszámokkal nem lehetséges, mert a védelmi szint növelése nem feltétlenül a vastagabb, ellenállóbb anyag alkalmazásával történik, ezért a rendeletben/szabványban előírt alapvető egészség- és biztonságvédelmi követelmények teljesítésére más mérőszámokat kell alkalmazni. A környezeti feltételek változására való reagálás, az interakcióba lépés mértéke az alkalmazott technológia függvénye. A homogén jogszabályi környezet megteremtése azután valósítható meg, hogy meghatározzuk az osztályozási rendszert, a vizsgálati szempontokat (lásd 1. ábra). Az intelligens eszközöket típusokra kell bontani az összetétel és az adatgyűjtési képességek alapján. A külső jelzés/bemeneti adat, külső környezeti változás mértéke és milyensége számos kombinációban határozhatja meg, hogy milyen védelemre van szüksége a munkavállalónak. Ugyanez az összetettség vonatkozik valamennyi egyéni védőeszköze.

Jogalkotás, szabványosítás – kihívások

Azzal egyidejűleg, hogy az intelligens egyéni védőeszközök alkalmazása jelentős előrelépés lehet a munkahelyi biztonságban, a munkavállalókat érő kockázatok csökkentésében, illetve megszüntetésében, az új fejlesztések bevezetése nem képes akadálytalanul végbemenni. Az engedélyezési folyamat összetett. A megfelelőségi eljárások során a védőeszközöket új eszköként kell vizsgálni, elsősorban a tekintetben, hogy a használójára nem jelent semmiféle kockázatot. A vizsgálati szempontok között szerepel, hogy a felületi hőmérséklet ne haladja meg a megengedhető szintet, az akkumulátor biztonságos legyen, az elektromágneses mezők milyen hatással vannak az eszközt használókra, illetve az elektromágneses összeférhetetlenség nem áll-e fenn. A szabályozás elengedhetetlen, a szabványok révén biztosítható, hogy valamennyi védőeszköz megfeleljen az előírásoknak, az elvárt védelmi szintnek, viselője számára ne jelentsen többletkockázatot.

²² MSZ EN 388:2016+A1, Magyar szabvány – Védőkesztyűk mechanikai kockázatok ellen. 2019. október.

A gyártók, illetve a bejelentett szervezetek a típusra vonatkozó követelményeket megtalálják a szabványokban. A legfontosabb kérdés az intelligens eszközökkel kapcsolatban az, hogy a szabályozás hogyan képes kiterjedni minden olyan körülményre, amely az eszköz használatát képes befolyásolni, hogyan lehet a viselés korlátait, a közép- és hosszú távon megjelenő többletkockázatokat széleskörűen megadni (például a nanoanyagok allergiás tüneteket okozhatnak). Jelen állapotban az egyéni védőeszközök minősítéséhez nem állnak rendelkezésre szabványok, a saját megítélésre való hagyatkozás jelen esetben nem lehet alternatíva. A CEN közzétett ugyan egy útmutatót, amely tudnivalókat és ajánlásokat gyűjtött össze (CEN/TR 16298:2011)²³ az intelligens textíliákkal kapcsolatban (fogalommeghatározás, osztályozás, alkalmazások, szabványosítással kapcsolatos igények), a szabványalkotáshoz elengedhetetlen az új technológia ismerete (nem csupán a gyártók, a bejelentett szervezetek számára, hanem a szabványügyi szervezetek számára is).

Az elsődleges feladat a szabványosítás kapcsán az egyéni védőeszközökkel szemben támasztott követelmények és vizsgálati eljárások megfogalmazása. Egyes esetekben a fogalmak definiálása is kihívást jelent. A gyártók mostanra felismerték, hogy az intelligens eszköz nem pusztán textília és elektronika ötvözése. A fejlesztés költséges, kockázatos befektetés, nem szükségszerű, hogy a kellő tanúsítványokat megkapja az eszköz. Felmerül tehát a kérdés, hogy az intelligens védőeszközök bevezetésének hasznossága pozitív irányba képes-e billenteni a mérleget megfelelőségtanúsítással kapcsolatos kihívások ellenében.

A felhasználókat érintő kihívások

Az intelligens védőeszközök használatát, mivel új képességekkel rendelkeznek, a felhasználóknak is el kell sajátítaniuk, azok működési módjával, funkcióival, a használhatóság korlátaival együtt. A hagyományos eszközökhöz hasonlóan az üzemeltetés, a felhasználás, a tisztítás és a karbantartás ugyanúgy feladata a munkavállalónak. Ehhez azonban ajánlásokra van szükség a gyártók által közzétett információkon keresztül. A tapasztalatok megosztása segíthetne a továbbfejlesztésben is, hiszen az elengedhetetlen az optimalizáláshoz.²⁴

A munkavállalók intelligens eszközökkel szembeni kihívásai abból a tudáshiányból (is) fakadnak, amely a hagyományos eszközökkel szemben is megjelenik. Viselik, mert azt mondták, hogy kell, de a tudatosság hiányzik. Az intelligens eszközök bizonyos munkakörökben és képzettségi szinteken nem jelentenek többet, mint túlbonyolított, szükségtelen rossz (világító, hangjelzést adó jólláthatósági mellény, szenzorokkal ellátott védőruha, amely méri a pulzust stb.). A használhatóság és a tényleges viselet nem feltétlenül elvárható minden munkavállalótól, főként abban az esetben, ha sem a használatával nincs tisztában, sem azzal, hogy mire alkalmazható az adott eszköz. Az egyéni védőeszköz elfogadottságának mértéke annak is függvénye, hogy szükségét érzi-e a felhasználó az adott eszköznek vagy sem (a hagyományos védőeszközökkel

²³ Slovensky Standard SIST-TP CEN/TR 16298:2012.

²⁴ THIERBACH 2020.

kapcsolatban is jellemző, hogy nem érzik szükségesnek a viselését – például több ezer négyzetméteres tetőszinten a sisak viselését irrelevánsnak tartják, hiszen ott nem eshet a fejükre semmi).

Amennyiben a munkavállalókban tudatosul, hogy bizonyos munkakörülmények esetén magasabb szintű védelem szükséges, nagyobb valószínűséggel fogják viselni az eszközöket. Ha nincsenek tisztában azzal, hogy az új funkciók közül melyikre van szükségük, nem lesz tudatos a gondolkodás a viseléssel kapcsolatban sem. Nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy egy védőeszköz nem nyújt magasabb védelmet akkor, ha az adott funkcióra a munkavállalónak nincs szüksége (és nem is fogadja el emiatt). A hasznosság mértéke mellett azt is célszerű tudatosítani a munkavállalókban, hogy a védőeszköz akkor sem nyújt 100%-os védelmet, ha intelligens, és számos különböző különleges tulajdonsággal fel van ruházva.

Az intelligens védőeszközökkel szemben támasztott követelmények

Talán az a legfontosabb, hogy a különleges tulajdonság minden esetben növelje az adott eszköz védelmi szintjét, a látszólag hasznos elemek használata kerülendő, mivel az hamis biztonságérzetet ad, és balesetveszélyes helyzetet eredményezhet. A megjelenített információk nem terhelhetik túl az eszköz viselőjét, ne legyen külön stresszfaktor, ha a kijelzőn azt látja, hogy valamiért egy pillanatra kiugróan magas volt a pulzusa. Elvonhatja a figyelmét a végzett tevékenységről, és akár balesethez is vezethet. A fölösleges jelzések után a tényleges jelzést pedig nem veszi figyelembe. A felhasználó dönthessen arról, hogy milyen adatokat kíván az eszközön megjeleníteni. A biometrikus/személyes adatokat a rendszer megfelelő biztonsággal kezelje, ne tárolja ezeket. A karbantartásra, tisztításra és alapvetően a felhasználásra vonatkozóan egyértelmű, valamennyi felhasználó számára jól értelmezhető legyen. Más esetben hibás használathoz vezethet, közvetve vagy közvetlenül balesetet okozhat. A vezeték nélküli kialakítás, veszélymentes energiaellátás és stabil kapcsolat kiemelten fontos az eszközök megfelelő és biztonságos használhatósága érdekében. Hasznosak lehetnek azok az információk, amelyek a használat utáni állapotra utalnak (például akkumulátor/energiaforrás állapota, tisztítási, karbantartási kötelezettség stb.). A megbízhatóság alapja az, hogy a használandó eszközöket üzemszerű körülmények között ki lehessen próbálni.

Összegzés

Napjainkra egyre nagyobb teret hódít az intelligens technológia a védőeszközök területén. A használatnak megkérdőjelezhetetlen előnyei vannak akkor, ha a felhasználó tisztában van ezekkel; ha elfogadják és akarják használni az eszközöket, megfelelő védelmet nyújtanak. A fejlesztések széles körűek, a védelmi szintekkel kapcsolatos igények adottak, az intelligens eszközök elterjedt alkalmazásának azonban számos akadálya van: jogszabályalkotás, szabványosítás, megfelelőségtanúsítás. Ezekhez azonban a technológia teljes körű ismerete szükséges mind a gyártó, mind a megfelelőséget

tanúsító szervezetek részéről. A munkavállalói tudatosság növelése elengedhetetlen része a folyamatnak. A felmerülő kérdések (költségoldalról rentábilis lehet-e az intelligens eszközök bevezetése, a fejlesztések nagy erőforrás-igényűek) jelen tudásunk szerint nem megválaszolhatók, ezzel kapcsolatban nem született még tanulmány.

Megállapítható, hogy ezek az eszközök jelentős mértékben hozzájárulhatnak a munkavállalók biztonságának növeléséhez, amennyiben a használatukkal kapcsolatos tudatosság és elfogadás megfelelő szintre emelkedik. Másrészt a szabályozási, jogszabályi és szabványosítási folyamatok hatékony megvalósítása elengedhetetlen ahhoz, hogy az intelligens védőeszközök széles körben elterjedjenek és alkalmazhatóvá váljanak.

A kutatás eredményeként az intelligens védőeszközökkel kapcsolatos technológiai fejlesztések és innovációk pontosabb és részletesebb megértésére számíthatunk. A tanulmányok révén olyan új módszereket és technikákat azonosíthatunk, amelyekkel csökkenthetők a munkavállalókat érő kockázatok. Továbbá várhatóan javulni fognak az intelligens eszközök szabványosításával és megfelelőségtanúsításával kapcsolatos folyamatok, ennek következtében a biztonsági szint növekedése mérhetővé válik.

A valós idejű adatok felhasználásával (amit az intelligens védőeszközök használata közben a különböző szenzorok biztosítanak) a munkafolyamatok hatékonyabbá válhatnak, a munkahelyi balesetek és sérülések száma jelentős mértékben csökkenthető. Az eredmények felhasználhatók a munkavállalói tudatosság növeléséhez, ami szükségszerűen magával hozza a hatékonyabb védőeszköz-használatot. A megfelelőségtanúsítás, a szabványosítás folyamatának fejlesztése nagyobb teret enged a biztonságos, rendeltetészerű használatnak.

Felhasznált irodalom

- AMMAD, Syed et al. (2021): Personal Protective Equipment (PPE) usage in Construction Projects: A Systematic Review and Smart PLS Approach. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(4), 3495–3507. Online: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.04.001>
- ANTWI-AFARI, Maxwell Fordjour et al. (2018). Wearable Insole Pressure System for Automated Detection and Classification of Awkward Working Postures in Construction Workers. *Automation in Construction*, 96, 433–441. Online: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.10.004>
- BARRO-TORRES, Santiago et al. (2012). Real-Time Personal Protective Equipment Monitoring System. *Computer Communications*, 36(1), 42–50. Online: <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2012.01.005>
- HEGEDŰS Miklós (2021): Intelligens egyéni védőeszközök. A jövő, vagy az okos egyéni védőeszközök már a jelen? *Munkavédelmi Hírmondó*, 3(3–4), 38–43.
- MSZ EN 388:2016+A1, Magyar szabvány – Védőkesztyűk mechanikai kockázatok ellen. 2019. október.
- NGUYEN, Luan V. et al. (2016): A Smart Shoe for Building a Real-Time 3D Map. *Automation in Construction*, 71, 2–12. Online: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.03.001>

- RASOULI, Sina et al.: (2024): Smart Personal Protective Equipment (PPE) for Construction Safety: A Literature Review. *Safety Science*, 170, 106368. Online: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106368>
- SKRZETUSKA, Ewa – RZEŹNICZAK, Paulina (2025): Wearable Technologies for Health Monitoring: A Review of Applications. *Sensors Journal*, 25(6). Online: www.mdpi.com/1424-8220/25/6/1812
- THIERBACH, Michael (2020): *Smart Personal Protective Equipment: Intelligent Protection for the Future*. EU-OSHA. Online: https://osha.europa.eu/sites/default/files/Smart_personal_protective_equipment_intelligent_protection_of_the_future.pdf

Jogi források

- 65/1999. (XII. 22.) EüM rendelet a munkavállalók munkahelyen történő egyéni védőeszköz használatának minimális biztonsági és egészségvédelmi követelményeiről
- Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2016/425 rendelete (2016. március 9.) az egyéni védőeszközökről és a 89/686/EGK tanácsi irányelv hatályon kívül helyezéséről (EGT-vonatkozású szöveg)
- Slovensky Standard SIST-TP CEN/TR 16298:2012