

**THE DEVELOPMENT OF THE
LOCKOUT-TAGOUT METHODOLOGY
AND ITS POSSIBLE NEXT STAGE****A KIZÁRÁS-KITÁBLÁZÁS
MÓDSZERTAN KIALAKULÁSA ÉS
LEHETSÉGES KÖVETKEZŐ SZINTJE**MAREK Bence Attila¹ – BRAUN András²**Abstract**

With the development of industry, machines and occupational safety, humanity has recognized new and new sources of danger, for which it has learned to implement countermeasures. This is how the machines and their dangerous, possibly stored energies were identified, for which the (Lock Out - Tag Out, LOTO) methodology was developed as a countermeasure. LOTO plays a key role in the operation of today's modern and safe factories. However, as technology advances, we need to recognize new ways and opportunities, as the current level of development of the methodology does not differ much from the procedure and toolkit defined by OSHA in 1982. The purpose of the study is to present a possible new way to use LOTO safely.

Keywords

Lock Out - Tag Out, augmented reality, digitalization

Absztrakt

Az ipar, a gépek és ezek mellett a munkavédelem fejlődésével sorra új és új veszélyforrásokat ismert fel az emberiség, melyekre megtanult ellenintézkedéseket végrehajtani. Így kerültek azonosításra a gépek és azok veszélyes, esetleg tárolt energiái, melyekre ellenintézkedésként kialakításra került a kizárás-kitáblázás (Lock Out - Tag Out, röviden LOTO) módszertan. A LOTO kulcsfontosságú szerepet játszik napjaink modern és biztonságos gyárainak működésében. Azonban a technológia fejlődésével fel kell ismernünk az új utakat és lehetőségeket, hiszen a módszertan jelenlegi fejlettségi szintje nem sokban tér el az OSHA által 1982-ben meghatározott eljárástól és eszközkészlettől. A tanulmány célja, hogy bemutasson egy lehetséges új módot a LOTO biztonságos használatára.

Kulcsszavak

Kizárás - Kitáblázás, kiterjesztett valóság, digitalizáció

¹ redder.mb@gmail.com | ORCID: 0009-0004-6028-3134 | Military and Safety Technology Engineer, Occupational Health And Safety Engineer, Certified Security Engineer, Opella Healthcare Hungary Kft. | Had- és biztonságtechnikai mérnök, Munkavédelmi szakmérnök, Okleveles biztonságtechnikai mérnök, Opella Healthcare Hungary Kft.

² braun.andras92@stud.uni-obuda.hu | ORCID: 0009-0008-3958-5751 | PhD Student, Doctoral School on Safety and Security Sciences Óbuda University | Doktorandusz hallgató, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola

BEVEZETÉS

Napjainkban a munkahelyek többségében megállapítható, hogy sokszínű géppark támogatja a termelés minél hatékonyabb folyamatosságát, valamint annak fejlesztését. Ezen gépek túlnyomó többsége rendelkezik olyan résszel, funkcióval vagy a működéshez szükséges energiával, amelyek az emberek épségére, illetve életére közvetlen veszélyt jelentenek, azaz ezen területek érintése balesetet eredményez. A XX. század végére a baleseti statisztikák már egyértelműen indokolták, hogy a szabályozó szervek fellépjenek az adott korszak egyik legjelentősebb veszélyforrása ellen. A United Auto Workers (UAW) felmérése szerint 1973 és 1995 között a halálos balesetek 20%-ának (414 esetből 83-nak) a kiváltó oka a veszélyes energiaforrások nem megfelelő izolálása volt. Ennek okán 1989-ben kiadták az OSHA 29 CFR 1910.147 előírást, mely már konkrét elvárásokat támasztottak közvetlenül a LOTO rendszer irányába, ezzel az eszköz központi elemévé válva. Ezen szabályok eredményességét igazolandó, hogy az USA területén a legfrissebb, 2025-ös adatok szerint a halálos áldozatok számát (dedikáltan LOTO használatra visszavezetve) közel a felére, 48-re tudta csökkenteni. Miután az USA területén bevált gyakorlattá vált, nemzetközi standard is készült belőle, mely az ISO 14118 számot kapta, témáját tekintve pedig a gépek váratlan indításának megelőzése. Ez a szabvány gyakorlatilag az európai LOTO alapjait foglalja magába:

- váratlan indítás megakadályozása,
- energiaforrások leválasztása,
- ember - gép kapcsolat biztonsága,
- visszaállítás és újraindítás szabályozása.

Magyarországon először az 1993. évi XCIII. törvény fogalmazta meg implicit módon a LOTO igényét: [1]

Azonban maga a gyakorlat az 1980-as évek óta nem sokat változott. Ugyanúgy papíralapon található energiakizárási utasítások alapján helyezik fel a munkavállalók a kizáró eszközöket, valamint papíron vagy digitális formában, de maguk viszik fel, hogy mely lakatokat helyezték fel, vagy mely pontokat zárták ki.

Jelen tanulmány tárgya ezen folyamat részletesebb bemutatása, valamint a folyamat fejlesztésére egy potenciális lehetőség bemutatása, amely használja a 21. század technológiai vívmányait is.

A VESZÉLYES ENERGIA ÉS LOTO, MINT FOGALOM MEGHATÁROZÁSA

Az alapelv kimondja: az energiaforrást fizikailag el kell választani, rögzíteni kell (lock out) és figyelmeztető jelöléssel (tag out) kell ellátni, mielőtt bárki a veszélyzónában munkát végez. Azaz Isolate-Lock-Tag-Verify (leválasztás-lezárás-jelölés-ellenőrzés). [2]

Ahogy az a bevezetésben is említésre került, az eljárás szerves részét képezi az összes, a biztonságot szem előtt tartó termelési szervezet mindennapjainak. A jelenlegi egyik legfrissebb, 2023-as felmérési adatok alapján elmondható, hogy a Brady összesítése szerint 2177 szabályszegésből 190 halálos áldozat volt, melyből 142 elektromos áram általi esetre volt visszavezethető. [3] Másrészt a National Safety Council statisztikái szerint (Nemzeti Biztonsági Tanács - NSC) 48 halálos balesetet mért a LOTO-hoz kapcsolódóan. Ezen számok alapján megállapíthatjuk, hogy a vizsgált évben valahol 49 és 190 fő között lehetnek

az áldozatai olyan baleseteknek, ahol egy megfelelően alkalmazott LOTO eljárás alkalmazása megelőzhette volna a balesetet. [4] Az OSHA 29 CFR 1910.147(b) szerint 7 fő kategóriát különböztetünk meg: elektromos-, mechanikus-, hidraulikus-, pneumatikus-, termikus-, kémiai-, illetve keverék (egyéb) energiák léphetnek fel. [2]

Ezen kategóriákra a gyakorlat és a vonatkozó szabványok alkottak alkategóriákat, melyek közül néhány példa alább látható:

1. Elektromos energia (kockázatok például: áramütés, ívkisülés, váratlan indulás):
 - hálózati feszültség
 - vezérlőáramkörök,
 - elektromagnetika,
 - elektrosztatikus feltöltődés.
2. Mechanikus energia (kockázatok például: beszorulás, zúzódás, amputálás):
 - mozgó alkatrészek,
 - forgó tengelyek,
 - magas nyomás,
 - gravitáció.
3. Hidraulikus energia (kockázatok például: váratlan mozgás, nagy nyomású befecskendezés):
 - nyomás alatt lévő olaj,
 - hidraulikus hengerek,
 - emelőberendezések.
4. Pneumatikus energia (kockázatok például: alkatrész vagy folyadék kilövellése, hirtelen mozgás):
 - sűrített levegő,
 - gáznyomás,
 - vákuumrendszerek.
5. Termikus energia (kockázatok például: égés, fagyás, robbanás):
 - forró felületek,
 - gőzrendszerek,
 - olvadt anyagok,
 - kriogén rendszerek.
6. Kémiai energia (kockázatok például: mérgezés, égés, robbanás):
 - reakcióképes anyagok,
 - savak, lúgok,
 - gyúlékony anyagok,
 - mérgező gázok.

Fontos kiemelni, hogy ezen lista nem található meg összeszedve egy leiratban sem, illetve ISO 12100 szerint a kategóriák hasonlóan, de kicsit eltérve épülnek fel: mechanikus-, elektromos (1. ábra) -, termális-, zaj-, vibráció-, sugárzás-, anyag/kémiai-, ergonómiai-, gépkörnyezetéhez kapcsolódó kockázatok, illetve ezen elemek keveredése. [5] Elmondható, hogy ezen kategorizálás már modernebb, előre mutató és jobban fedi az EGR (ember-gép-rendszer) szempontokat, mint a klasszikus kategóriák.



1. ábra: Kizárás a gyakorlatban, a szerzők szerkesztése

Ha LOTO-ról beszélünk, akkor fontos említeni a Zero Energy State (Energiamentes állapot) [2] fogalmát is, amely a LOTO célja, valamint elvárt eredménye az OSHA szerint: a gép olyan állapotba hozása, amikor minden veszélyes energia megszűnt vagy biztonságos kontroll alatt van, ezért a berendezés nem képes váratlan veszélyes működésre. [2] Ezen állapot elérése mandatoriális a biztonságos munkavégzés érdekében.

Munkavégzés során a tapasztalat azt mutatja, hogy ezen elvek hiánytalan betartása mennyire is fontos: több esetben, régebbi rendszereken telepített kizárási pontok használata esetén nem szűnt meg a veszélyes energia vagy később újra tudott indulni (például: meleg-víz vezeték az elzárást követően - órákkal később is forró volt tapintásra). [6]

JOGSZABÁLYI ÉS SZABVÁNYI HÁTTÉR KIALAKULÁSA, FEJLŐDÉSE

Amerikai Egyesült Államok jogszabályi és szabványi rendszere

Az Amerikai Egyesült Államok területén a legfőbb, illetve legelső szabályozó az OSHA volt, amely megalkotta az OSHA 29 CFR 1910.147 [2] előírását a gyakorlati tapasztalatok alapján- Vizsgont a hatóság előtt az ipar már a szükséges mérnöki gyakorlatot a(z) ANSI/ASSE Z244.1 [7] szabvány formájában (American National Standard Institute - Amerikai Nemzeti Szabványügyi Intézet: ANSI, American Society of Safety Engineers (napjainkban Professionals) - Amerikai Biztonságttechnikai Mérnökök (napjainkban szakemberek) Társasága - ASSE (ASSP)) meghatározta, mely pontos neve Control of Hazardous Energy (Veszélyes Energiák Szabályozása). Az ipar gyorsabban reagált, mint a hatóság, meghatározva ezzel a legjobb gyakorlatot, amit később jogszabályba tudtak emelni. A

megalkotásától mindvégig részletesebb leírást biztosított, mint az OSHA. A legfrissebb verzióját 2024-ben adták ki.

Emellett a későbbiekben egyéb szabványokat is létrehoztak, amelyek specifikusan 1-1 részterülethez nyújtanak részletesebb útmutatást: NFPA 70E Standard for Electrical Safety in the Workplace [8] (Munkahelyi villamos biztonsági szabvány) vagy az ANSI B11-es sorozat, amely a gépbiztonsági szabványokat foglalja magában. Az ANSI szabályozás mellett még fontos megemlíteni a CSA Z460 szabványt is (Canadian Standards Association - Kanadai Szabványügyi Társaság), amely egyaránt épít az ISO 12100 [5] (International Organization for Standardization - Nemzetközi Szabványügyi Szervezet) és az ANSI előírásaira is. [9]

Európa jogszabályi és szabványi rendszere

Az Európai Unió területén alapvetően nem jogszabályokról beszélünk, hanem irányelvekről és harmonizált szabványokról. Érdekes, hogy az EU részéről az irányelvek nem definiálják közvetlenül a LOTO-t, viszont a mögöttes elv és a tartalmi követelmény megegyezik az OSHA által definiált elvárásokkal. Amint viszont pontosan definiál, az a veszélyes energiák fogalma és a váratlan indítás megelőzése. A LOTO jogszabályi oldala: a 2009/104/EC [10] előírja, hogy a munkaeszközöket úgy kell kialakítani és üzemeltetni, hogy biztosított legyen azok biztonságos leállítása, az energiaforrásoktól történő leválasztása, valamint a karbantartási és javítási tevékenységek során a váratlan indítás és energiafelszabadulás megakadályozása.

Egy másik fontos direktíva a 2006/42/EC [11], azaz a Gépdirektíva. Itt kerül meghatározásra a gépek tervezésének követelményei. Harmonizált szabványként kiemelendő az EN ISO 14118:2018 [12], amely a gépek váratlan elindulásának megakadályozásával foglalkozik. Néhány megemlítendő további szabvány az ISO 13849, amely a gépek biztonsági vezérlésével foglalkozik, illetve az ISO 13850 [13], amely a vészleállítókkal szemben támasztott követelményeket taglalja.

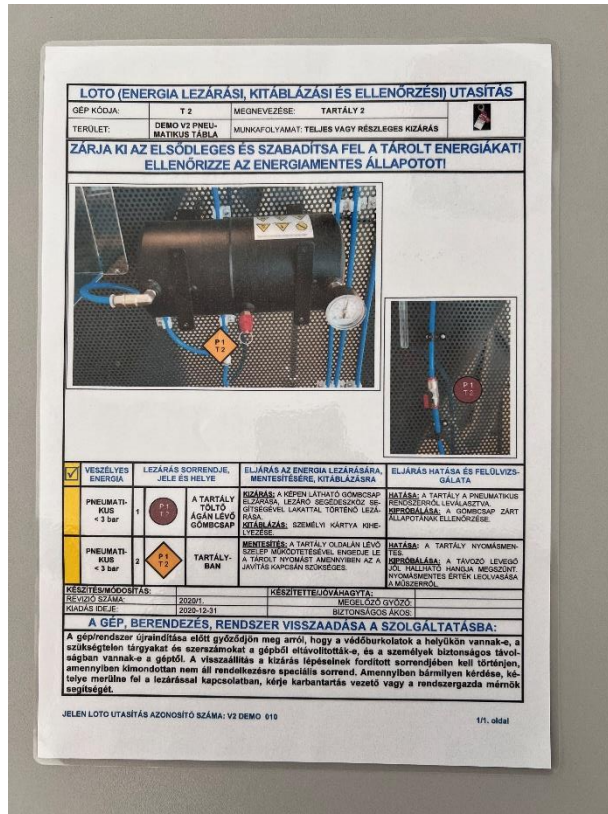
Magyarország jogszabályi és szabványi rendszere

Magyarország szabályozási rendszere e területen az Európai Unió harmonizált jogi és szabványosítási keretrendszeréhez igazodik, amely meghatározza a nemzeti jogszabályok és szabványok kialakítását. Törvényi szinten az 1993. évi XCIII. törvény a munkavédelemről (Mvt.) [1] határozza meg az elvárásokat. Kimondja többek között, hogy alapvető követelmény a biztonságos munkavégzés feltételeinek megteremtése, a veszélyek megszüntetése / csökkentése, illetve meghatározza a kockázatértékelések elvégzésének gyakoriságát, valamint a velük szemben támasztott elvárásokat.

Az Európai Unió direktíváit további jogszabályok ültetik be a gyakorlatba: a 10/2016 (IV. 5.) NGM rendelet [14] a 2009/104/EC direktíva harmonizálása. Előírja a berendezések leállításának követelményét, az energiaforrások leválaszthatóságát és összességében elmondható, hogy ez a LOTO jogi háttere Magyarországon. A gépek forgalomba hozatalára vonatkozóan a 16/2008. (VIII. 30.) NFGM rendelet tekinthető mérvadónak [15], amely a 2006/42/EC hazai jogrendbe történő átültetése és meghatározza a CE megfeleléshez kapcsolódó alapvető egészségvédelmi és biztonsági követelményeket.

A LOTO RENDSZER ELEMEI

A gyakorlatban nincs egy olyan szabvány vagy leírás, amely a helyes LOTO elemeket összegezné és egyben leírná azt. Azonban a korábban bemutatott szabályozók alapján 12 szükséges lépést különböztetünk meg, melyek nagyságrendileg procedurális és rendszer-szintű elemekre oszthatóak. Ezen lépések teljesítése és gyakorlati kivitelezése összességben egy megfelelő biztonságú rendszer fennállását eredményezi.



2. ábra: LOTO ECP példa, a szerzők szerkesztése

Ha LOTO rendszerben gondolkodunk, az első minden esetben az energiaazonosítás. Egyértelműen meg kell határozni, hogy milyen veszélyes energiák vannak és azokat milyen sorban és módon kell kizárni. Az ezt kezelő dokumentációt szokták Energy Control Procedure-nek [2] (Energiakezelési eljárás - ECP - 2. ábra) nevezni, amely dokumentum feladata ennek a meghatározása. Többnyire ezt papíralapon vagy valamilyen dokumentumként szokták a munkavállalók számára biztosítani. Hatékony, azonban fontos megemlíteni azt a veszélyfaktort, hogy nem feltétlen a legfrissebb verzió alapján történik az energiák kizárása, ezáltal fennmaradó energiák maradnak a rendszerben.



3. ábra LOTO lakat példák, a szerzők szerkesztése

A második lépés a leválasztás (Izolálás). Ilyenkor a veszélyes energia leválasztásra, lekapcsolásra kerül, ezáltal kialakul a Zero Energy State alapfeltétele. [2]

A harmadik lépés a kizárás (Lock Out - LO - 3. ábra), amikor a lezáráshoz használt szerelvényre vagy eszközre valamilyen fizikai zárat helyezünk fel, ezáltal megakadályozzuk, hogy valaki esetleg valamely energia visszakapcsolhassa azt. A színeknek nincs szabványban foglalt jelölése, de gyakorlatban jellemzően a piros a személyi lakat (egy személy - egy kulcs) a sárga pedig a csoportos jelölés, amit a csoportvezető helyez fel. [2]

A negyedik lépése a címkézés (Tag Out - TO), amikor figyelmeztető jelöléssel és azonosítóval látjuk el a kizárásunkat, hogy ki, mikor és milyen céllal zárta el az energiaforrást. [2]

Az ötödik lépés a tárolt energia megszüntetése, mely lépésben a maradó energiák kerülnek eltávolításra. A balesetek nagyrésze ennek a lépésnek a végrehajtása közben vagy hiányában történik, amikor már áll a gép, de még energia van jelen. Mindig szem előtt kell tartani, hogy a berendezés nem tekinthető pusztán attól biztonságosnak, hogy az energiaforrásokat leválasztásra kerültek. [2]

Ezen lépést követi az ellenőrzése (Test Out – nem szokták kiírni, de néha feltüntetik egy további TO formájában) az eddigi folyamatoknak, amikor megerősítjük a Zero Energy State fennállását. [2]

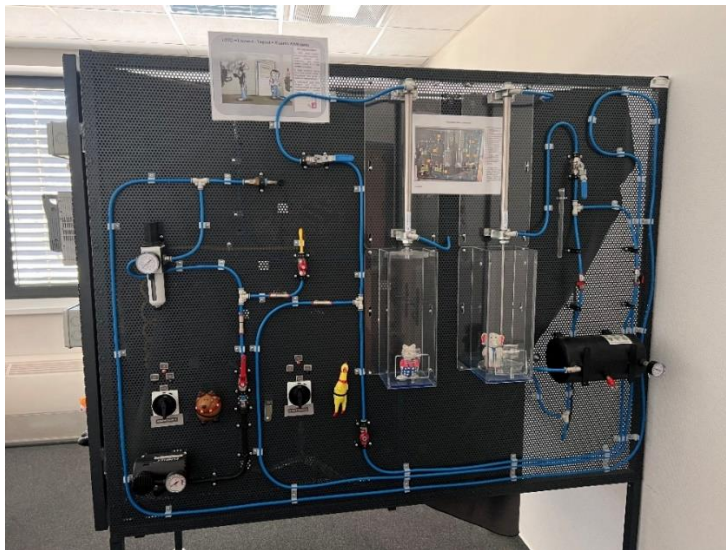
Ezt követően a hetedik lépés a visszaállítás, amely a gép biztonságos elindítását foglalja magában. Nagyon fontos ez a lépés, hogy a veszélyes energiák újraindítása közben ne rongálódjon meg sem a gép, valamint ne alakuljon ki további baleset sem egy esetleges gépsérülés következtében. Ehhez a lépéshez többnyire vissza szoktak hivatkozni az első lépésre, hiszen az ECP-ben meghatározott lépéseket visszakövetve a gép biztonságosan újraindítható. Amennyiben valamilyen okból kifolyóan nem, úgy külön eljárást biztosítanak a visszaállításhoz. [2]

A nyolcadik lépés a csoportos LOTO meghatározása, azaz, hogy hogyan tud több személy egyidejűen dolgozni a berendezésen. Ehhez többnyire már számos eszköz található

a piacon, az egyidőben munkát végzők számával arányosan. Általában egy speciális eszközre minden személy ráhelyez még egy további lakatot. Ezáltal, ameddig az utolsó ember nem végzett a munkával, addig nem lehetséges az adott veszélyes energia visszaállítás (például: vegyi anyagot tartalmazó tartály karbantartásánál a vegyi anyagot szállító szerelvény elzárása). [2]

A következő lépés is nagyon fontos, amely a külsős munkavállalók kezelését foglalja magában. Ha egy cég karbantartási részlege nem fedi le a teljes karbantartást, akkor szoktak igénybe venni alvállalkozókat, akik többnyire nem rendelkeznek ilyen szintű tudással. Ilyen esetben jellemzően dönthet úgy a cég, hogy kioktatja a főbb vállalkozóit, ezáltal önállóan kizárást fognak tudni végezni vagy a karbantartók/mérnökség elvégzi nekik a kizárást, amennyiben a munkavégzésükhöz az indokolt. [2]

A tizedik lépés egy általános probléma kezelését jelenti, amely a műszakváltás. Erre több jó megoldás is létezik, de jellemző példa, amikor a távozó műszak az érkező műszakkal lakatokat cserél, azaz a távozó műszak leveszi a lakatját, az érkező műszak pedig felhelyezi. [2]



4. ábra LOTO gyakorló tábla példa, a szerzők szerkesztése

A tizenegyedik lépés az oktatás és kompetencia. Sok esetben ez a lépés is kulcsfontosságú. Az általunk azonosított legjobb példa a „LOTO gyakorló fal” (4. ábra), ahol a telephelyen előforduló összes kizárás megjelenik egy gyakorló körülmény között, tényleges kockázat nélkül. [2]

Végül az utolsó lépés a rendszer auditja és felülvizsgálata, ahol ellenőrzésre kerül, hogy az előző tizenegy pont mennyire teljesül a gyakorlatban. Ha eltérést észlelünk, akkor azonnal cselekedni kell a megfelelő akciótervek meghozatalával és végrehajtásával. [2]

JAVASLAT A LOTO ELJÁRÁS MODERNIZÁLÁSÁRA

A XXI. század egyik legelterjedtebb vívmánya kétségkívül az okostelefon, amely jellemzően minden korosztály által többé-kevésbé rutinosan használt eszköz lesz, ahogy

haladunk előre z időben. Meglátásunk szerint ez képezhetné a LOTO modernizálásának az alapját. De mi is pontosan a probléma, amire megoldást keresünk? Nos, ez leginkább az emberi természetből adódó veszély, amely a megszokást jelenti. Ha egy folyamatot sokszor, precízen elvégzünk, hajlamosak vagyunk kevésbé az írott dokumentációkra támaszkodni annak végrehajtásához. Cserébe viszont elkezdünk emlékezetből vagy megszokásból dolgozni. Mindennapi életünkben ilyen például a vezetés: ha egy útvonalon 3 évig minden nap autózunk és megszokjuk, sokkal nagyobb eséllyel tévesztünk el egy forgalmi szabály változást, mintha egy új útvonalon mennénk, folyamatosan figyelve a táblákat, felfestéseket és esetleg a forgalmat is. A LOTO esetében ez elsősorban a kizárások felhelyezésére vonatkozatható.

Amint azt korábban említésre került, napjaink rendszerei főként papír alapú megoldásokat használnak, ahol a karbantartónak kell dokumentálnia és követnie a folyamatot. Itt jönnek képbe az okostelefonok: mindenki zsebében ott vannak, ha pedig nincsenek, már nem jelent súlyos megterhelést, hogy biztosítsanak a szervezetek, munkáltatók egy eszközt a munkavállalóknak. [16]

Az AR technológia rövid bemutatása

Jellemzően, mint presztízs vagy hasznos funkció egyre nagyobb teret nyernek az AR (Kiterjesztett Valóság - Augmented Reality) funkcióval ellátott alkalmazások használata, amely a telefonok kameráján keresztül, a valóságos térben tudnak elhelyezni tárgyakat, objektumokat, melyek 3D-ben jelennek meg. Nagyon egyszerű példa az IKEA alkalmazása, amely számos bútor esetében lehetőséget biztosít számunkra, hogy kameránk segítségével a szobánkba próbáljuk a kiszemelt bútort, hogy hogyan is férne be vagy illeszkedne a már meglévő berendezési tárgyainkhoz. [17]

Emellett fontos kiemelni, hogy a technológiának lehetnek veszélyei is, melyek leginkább az Verify vagy „Test Out” lépésnél jelentkeznek: a szoftver ezt a lépést semmilyen keretek között nem helyettesíti, annak fizikai verifikációja minden helyzetben elsőbbséget képez.

A LOTO AR alkalmazás specifikációja

A mindennapi ipari gyakorlat során a LOTO eljárások alkalmazása gyakori. Ugyanakkor számos kérdés merül fel azok tényleges végrehajtásával kapcsolatban: ki végezte a kizárást, milyen eljárás alapján, megfelelően történt-e a végrehajtás, illetve valóban megvalósult-e a nullaenergia-állapot (Zero Energy State, ZES).

A gyakorlatban megfigyelhető, hogy a biztonságérzet inkább a munkavégző tapasztalatához kötődik, mintsem a folyamat objektív megfelelőségéhez. Ez azonban jelentős kockázatot hordoz, mivel a LOTO hatékonysága nem az egyéni rutinon, hanem a szabványosított és ellenőrizhető végrehajtáson alapul.

E kockázatok csökkentésére került kialakításra egy kiterjesztett valóság (AR) alapú alkalmazás, amely a LOTO folyamat digitalizált támogatását biztosítja. Az alkalmazás az Energy Control Procedure (ECP) dokumentumot digitalizálja és a berendezés (vagy bármely tér, épület, ...) 3D modelljén jeleníti meg a kizárási pontokat, lépésről lépésre vezetve a felhasználót a folyamaton.

A folyamat megkezdése a berendezésen elhelyezett QR-kód beolvasásával történik, amely lehetővé teszi a megfelelő eljárás kiválasztását, beleértve a teljes vagy részleges

LOTO végrehajtását. Az alkalmazás ezt követően meghatározott sorrendben vezeti végig a felhasználót az egyes kizárási pontokon.

Minden egyes lépésnél az alkalmazás megjeleníti:

- a szükséges műveletet (pl. adott szerelvény elfordítása),
- a várható hatást (pl. világítás megszűnése),
- valamint az ellenőrzési módot (pl. indítógomb tesztelése).

A kizáró eszköz felhelyezése QR-kód segítségével kerül rögzítésre, amely során az alábbi adatok kerülnek dokumentálásra:

- a felhelyezés időpontja,
- az eszköz egyedi azonosítója,
- a kizárási pont azonosítója,
- a végrehajtó személy neve,
- valamint az alkalmazott eljárás típusa.

A rendszer továbbá képi dokumentációt is rögzít, amely igazolja a fizikai végrehajtást. A folyamat során az alkalmazás automatikusan irányítja a felhasználót a következő kizárási pontra, szükség esetén térképes és képi támogatással. A folyamat lezárásakor a rendszer menti a felhelyezett LOTO eszközöket és biztosítja, hogy a kizárás megszüntetését kizárólag a jogosult személy kezdeményezhesse. Műszakváltás esetén a jogosultságok QR-kód alapú átadással kerülnek továbbításra, amely a rendszer naplójában is rögzítésre kerül. Ilyenkor az átadó telefonján megjelenik egy kód, amit az átvevőnek be kell olvasnia.

Az alkalmazás egyik legnagyobb előnye, hogy egységes és naprakész információt biztosít minden felhasználó számára, ezáltal csökkentve a tapasztalati különbségekből eredő kockázatokat. Emellett biztosítja a folyamat teljes körű dokumentálhatóságát és visszakövethetőségét. További előnyt jelent az oktatási funkció, amely lehetővé teszi a LOTO folyamat gyakorlását fizikai beavatkozás nélkül. Az úgynevezett „training mode” segítségével a felhasználók a kizárási lépéseket szimulált környezetben sajátíthatják el, ami különösen hasznos új munkavállalók képzése során.

Háttérfolyamatok kezelése

A háttérben egy alkalmazáson keresztül tudunk szabályozni, illetve hozzáférni a telefonos kliens minden részéhez: itt adhatunk hozzáférési jogot, férhetünk hozzá a nyilvántartásokhoz, módosíthatjuk az eljárásokat. Az összes itt megvalósult kattintásról egy további naplófile készül, ezáltal nem tud senki sem nyom nélkül módosítani semmit. A felhasználói jogkörök meghatározása a gyáregység feladata.

A bemutatott rendszer jelenleg koncepcionális modellként értelmezhető, amelynek gyakorlati validációja további kutatás tárgyát képezi.

ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmány célja a LOTO módszertan kialakulásának, fejlődésének, szabályozásokban elfoglalt helyének, valamint lehetséges modernizációs irányainak bemutatása. A kutatás alapjául az a meglátás szolgált, hogy a veszélyes energiák nem megfelelő kezelése napjainkban is az egyik legjelentősebb ipari kockázatforrás, különösen karbantartási és esetleges beavatkozási munkák során.

Az ismertetett statisztikák alapján megállapítható, hogy a LOTO rendszer kialakulását súlyos, sok esetben halálos kimenetelű balesetek indokolták, amelyek jelentős része a veszélyes energia nem megfelelő izolálására vagy megszüntetésére vezethető vissza.

A tanulmány részletesen ismerteti a veszélyes energiák fő kategóriáit, valamint bemutatja az OSHA, az ANSI, az ISO és az európai szabályozási rendszerek szerepét a LOTO fejlődésében. Tanulmányunkban ismertettük, hogy bár a modern szabványok és jogszabályok egyértelmű követelményeket fogalmaznak meg a váratlan indítás megakadályozására és az energiaforrások biztonságos leválasztására, maga a gyakorlati végrehajtás sok esetben továbbra is papíralapú vagy erősen emberi rutinra épülő folyamat. Ez különösen azért jelent problémát, mert a LOTO hatékonysága nem az egyéni tapasztalaton, hanem a standardizált, következetesen végrehajtott lépéseken és eljárásokon alapul.

A kutatás egyik fontos része egy tizenkét elemből álló LOTO-modell bemutatása, amely rendszerszinten foglalja össze a biztonságos energiaizolálás legfontosabb lépéseit. A tanulmány külön hangsúlyt fektet a Zero Energy State (ZES) fogalmára, amely a teljes energiamentes állapot elérését jelenti, és amely a biztonságos munkavégzés alapfeltétele.

A szerzők meglátása szerint a jelenlegi LOTO rendszerek egyik legnagyobb kockázata az emberi megszkobásból fakad. A hosszú ideje ugyanazon berendezéseken dolgozó munkavállalók hajlamosak lehetnek a dokumentáció helyett rutin alapján végrehajtani a kizárásokat, ami növeli a hibázás lehetőségét, emellett a nyilvántartások vezetése is rendszeresen elmarad. Ennek csökkentésére a tanulmány egy AR alapú digitális LOTO alkalmazás koncepcióját mutatja be, amely képes a hagyományos Energy Control Procedure dokumentumok digitalizálására és interaktív támogatására.

A javasolt rendszer QR-kód alapú azonosítással, 3D modelleken megjelenített kizárési pontokkal, automatikus dokumentációval és auditálható naplózással támogatja a munkavállalókat. A megoldás egyik legnagyobb előnye, hogy a kevésbé tapasztalt dolgozók számára is ugyanazt a szintű ismeretet biztosítja, mint amivel a rutinos karbantartók rendelkeznek. Emellett a rendszer képes dokumentálni a kizárások teljes folyamatát, a felhelyezett lakatok azonosítóit, az időpontokat, valamint a végrehajtó személyeket is. A koncepció további jelentős eleme az oktatási mód, amely lehetőséget biztosít a LOTO folyamatok gyakorlására tényleges energiakizárás nélkül, ezáltal támogatva a kompetenciafejlesztést és az új munkavállalók képzését.

Összességében megállapítható, hogy a LOTO rendszer továbbra is az egyik legfontosabb munkavédelmi eszköz a gépeken és veszélyes energiákkal rendelkező technológiákon, illetve azok környezetében végzett munka tekintetében, azonban a modern ipari környezetben indokoltá vált annak továbbfejlesztése.

A tanulmányban bemutatott AR-alapú megközelítés egy lehetséges jövőbeni irányt mutat be, amely egyszerre növelheti a biztonságot, a dokumentálhatóságot és a folyamatok megbízhatóságát. A technológia továbbá az autonóm karbantartás területén is kulcsfontosságú eszköz lehet a munkáltatók kezében.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Wolters Kluwer Hungary Kft, „1993. évi XCIII. törvény a munkavédelemről - Hatályos Jogszabályok Gyűjteménye”. Elérés: 2026. május 6. [Online]. Elérhető: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99300093.tv>

- [2] Occupational Safety and Health Administration, *The control of hazardous energy (lockout/tagout)*., 1910.147. [Online]. Elérhető: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.147>
- [3] Brady Worldwide, Inc., „Top 10 OSHA Violations for 2025”. [Online]. Elérhető: <https://www.bradyid.com/resources/top-10-osha-violations>
- [4] „NSC Reveals Major Injury, Fatality Events Related to OSHA Top 10 Citations for FY 2025”, szept. 2025.
- [5] International Organization for Standardization, *Gépek biztonsága. A kialakítás általános elvei. Kockázatértékelés és kockázatcsökkentés*, ISO 12100:2010., 2010.
- [6] S. Dekker, *Drift into Failure: From Hunting Broken Components to Understanding Complex Systems*, 0 kiad. CRC Press, 2016. doi: 10.1201/9781315257396.
- [7] American Society of Safety Professionals, *The Control of Hazardous Energy Lockout, Tagout and Alternative Methods*, ANSI/ASSP Z244.1-2024, 2024.
- [8] National Fire Protection Association, *Standard for Electrical Safety in the Workplace*, NFPA 70E-2024, 2024.
- [9] Canadian Standards Association, *Control of hazardous energy - Lockout and other methods*, 2020.
- [10] „Directive No. 2009/104/EC, of the European Parliament and of the Council, of 16 September 2009, concerning the minimum safety and health requirements for the use of work equipment by workers at work | International Labour Organization”. Elérés: 2026. május 7. [Online]. Elérhető: <https://www.ilo.org/resource/directive-no-2009104ecof-european-parliament-and-council-16-september-2009>
- [11] EURÓPAI PARLAMENT, *AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 2006/42/EK IRÁNYELVE a gépekről és a 95/16/EK irányelv módosításáról*, 2019. július 26.
- [12] International Organization for Standardization, *Gépek biztonsága. A váratlan indítás megelőzése*, ISO 14118:2018, 2018.
- [13] International Organization for Standardization, *Gépek biztonsága. Vészleállítás. Tervezési alapelvek*, ISO 13850:2015, 2015.
- [14] Wolters Kluwer Hungary Kft, „10/2016. (IV. 5.) NGM rendelet a munkaeszközök és használatuk biztonsági és egészségügyi követelményeinek minimális szintjéről - Hatályos Jogszabályok Gyűjteménye”. Elérés: 2026. május 6. [Online]. Elérhető: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1600010.ngm>
- [15] Wolters Kluwer Hungary Kft, „16/2008. (VIII. 30.) NFGM rendelet a gépek biztonsági követelményeiről és megfelelőségének tanúsításáról - Hatályos Jogszabályok Gyűjteménye”. Elérés: 2026. május 6. [Online]. Elérhető: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0800016.nfg>
- [16] J. W. Veile, D. Kiel, J. M. Müller, és K.-I. Voigt, „Lessons learned from Industry 4.0 implementation in the German manufacturing industry”, *J. Manuf. Technol. Manag.*, köt. 31, sz. 5, o. 977–997, aug. 2019, doi: 10.1108/JMTM-08-2018-0270.
- [17] G. Sanodia, „The Role of Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) in Enhancing Customer Experiences within CRM Systems”, *Turk. J. Comput. Math. Educ. TURCOMAT*, köt. 12, sz. 15, o. 722–738, ápr. 2021, doi: 10.61841/turcomat.v12i15.14750.