


Analýza možných dopadů Průmyslu 4.0 na pracovní úrazovost

 15.09.2021

ANALYSIS OF THE POTENTIAL IMPACT OF INDUSTRY 4.0 ON OCCUPATIONAL accident rate

Josef Senčík^{1,2}, Nechvátal Marek³, Kateřina Veselá⁴

¹Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i., sencikj@vubp-praha.cz

²Fakulta bezpečnostního inženýrství, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

³Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i., nechvatal@vubp-praha.cz

⁴Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i., vesela@vubp-praha.cz

pracovní úrazovost

průmysl 4.0

robotizace

Abstrakt

Článek pojednává o možných dopadech Průmyslu 4.0 na pracovní úrazovost v ČR. Článek uvádí konkrétní příklady povolání, kterých se dopad Průmyslu 4.0 bude pravděpodobně týkat, nabídne i zdůvodnění pro uvedené predikce. Zdrojem práce byla rešeršní práce českých i zahraničních zdrojů, ale také osobní zkušenosti pracovníků a profesionálů v oblasti BOZP v podnicích, kde je dopad Průmyslu 4.0 na pracovní podmínky, prostředí a chování zaměstnanců patrný již nyní. Článek spatřuje pozitivní vývoj úrazovosti díky novým technologiím, které s Průmyslem 4.0 přímo souvisejí. Doporučuje v souvislosti se zaváděním nových technologií věnovat výraznou pozornost analýzám rizik prováděným zaměstnavateli nebo konstruktéry, kteří je vyvíjí.

Klíčová slova: pracovní úrazovost, Průmysl 4.0, robotizace

Abstract

The article discusses the possible impact of Industry 4.0 on occupational injuries in the Czech Republic. The article gives specific examples of occupations that are likely to be affected by the impact of Industry 4.0 and offers a justification for the predictions. The source of the work was a research of Czech and foreign sources but also personal experiences of workers and OSH professionals in companies where the impact of Industry 4.0 on working conditions, environment and employee behaviour is already evident. The article finds a positive development of the accident rate due to new technologies that are directly related to Industry 4.0. It recommends that, in the context of the introduction of new technologies, significant attention should be paid to risk analyses carried out by employers or the engineers

who develop them.

Keywords: occupational accidents, Industry 4.0, robotization

Přijat k publikování / Received for publication 9. 6. 2021

Úvod

Vhodně nastavené a dostatečně analyzované pracoviště realizované v rámci změn souvisejících s Průmyslem 4.0 může vést k tomu, že budou minimalizována rizika pracovních úrazů a vzniku nemocí z povolání. Z toho vyplývá požadavek na kvalitně prováděné analýzy rizik, které se zaměří i na dosud neřešené hrozby (např. z oblasti psychosociálních rizik apod.). V obecné rovině lze na úseku pracovní úrazovosti i na úseku nemocí z povolání očekávat změny pozitivní. Je však zřejmé, že může dojít i ke změnám projevujícím se negativně. Výrobci budou muset věnovat zvýšenou pozornost vlastnímu vývoji zařízení a analýzám rizik, které by měly odhalit nebezpečí, která mohou hrozit pracovníkům při neoprávněné manipulaci s těmito zařízeními. Průmysl 4.0 tak bude mít výrazně vyšší požadavky na konstruktéry a vývojáře, kteří se v rámci své činnosti musí zaměřit na oblast bezpečnosti. [1] Pozornosti nesmí uniknout ani zvýšené nároky na kulturu a vzdělávání na úseku BOZP všech zúčastněných stran.

Cílem článku je z dostupných zdrojů předložit možný odhad budoucího vývoje pracovního trhu ovlivněného novými technologiemi a v souvislosti s tím odvodit změny v pracovní úrazovosti.

Průmysl 4.0 a možný budoucí vývoj pracovní úrazovosti

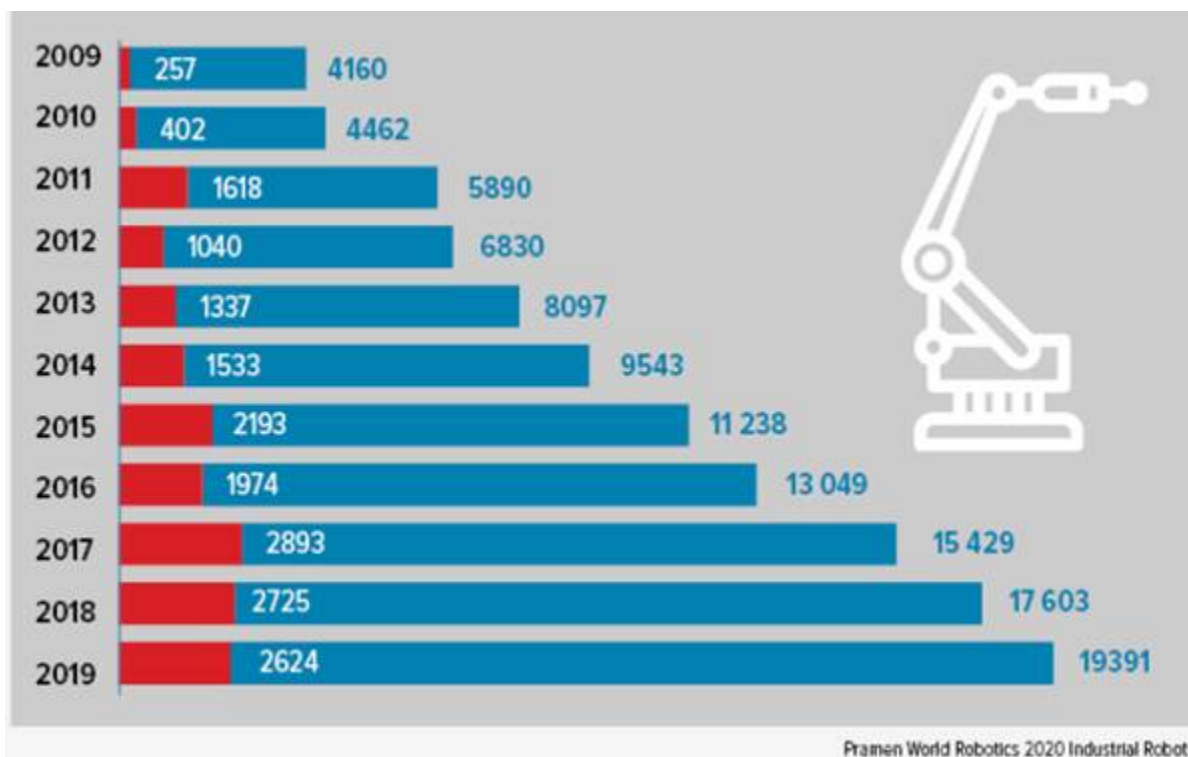
V roce 2019 představovaly pracovní úrazy související s Průmyslem 4.0 cca 0,5 % pracovních úrazů s pracovní neschopností přesahující 3 kalendářní dny. Do budoucna může počet těchto úrazů stoupat, celkový podíl pracovních úrazů však bude pravděpodobně klesat. Rozvoj digitalizace a robotizace povede k dalšímu snižování fyzické namáhavosti práce, ke zlepšování hygienických parametrů pracovního prostředí a tím ke snižování celkové pracovní úrazovosti. Jak je uvedeno na několika příkladech dále, některé současné profese mohou být do budoucna až ze sta procent nahrazeny stroji.

Nejvýznamnější a také zatím nejrychleji rozvíjející se oblast Průmyslu 4.0 je průmyslová robotizace (robotizace průmyslové výroby). Průmysloví roboti jsou autonomně fungující stroje-automaty (stroje podobající se/nepodobající se člověku), které jsou určeny k reprodukci některých pohybových a duševních funkcí pracovníka při provádění pomocných a základních výrobních operací bez jeho bezprostřední účasti, a které jsou k tomuto účelu vybaveny některými jeho schopnostmi (sluchem, zrakem, hmatem, pamětí apod.), schopností samovýuky, samoorganizace a adaptace, tj. přizpůsobivosti k danému prostředí. Tato zařízení mají potenciál se stát žádanou náhradou pracovníků ve výrobním procesu a zajistit tak jejich bezpečnost a ochranu zdraví. S ohledem na postupující rozvoj technologií nelze do budoucna vyloučit ani svébytně uvažující roboty. [2] [3] [4]

Od roku 2010 se poptávka po průmyslových robotech výrazně zvýšila v důsledku pokračujícího trendu směrem k automatizaci a pokračující technické inovaci průmyslových robotů. Od roku 2014 do roku 2019 se roční instalace průmyslových robotů každoročně zvyšují v průměru o 11 %. Od roku 2014 do roku 2020 vzrostl počet průmyslových robotů na tři miliony. V hustotě robotů je Česká republika šestnáctá na světě. Na deset tisíc pracovníků jich má 147. Světový průměr 57 nejprůmyslovějších zemí činí 113. [2] [5] [6]

Podle zahraničních analýz patří ČR k zemím, kde bude robotizace a automatizace probíhat masivněji než v jiných zemích, tzn., že i vliv na vývoj pracovní úrazovosti by mohl být vyšší. Například studie společnosti McKinsey z roku 2018 spočítala, že podíl pracovních míst, která pravděpodobně budou v budoucnosti automatizována, je v Česku 51 procent proti 44 procentům v celé EU. K podobným poznatkům dospěly i studie OECD, PricewaterhouseCoopers či

Bloomberg Economics. Důvodem pro tento vyšší podíl robotizace pracovních míst v Čechách je vyšší zastoupení zpracovatelského průmyslu v ekonomice, ve kterém je častý výskyt opakující se manuální práce. [7]



Obr. 1: Počet průmyslových robotů v ČR v letech 2009-2019 (červeně - roční přírůstek, modře - celkový počet) (zdroj: World Robotics 2020 Industrial Robots [6])

Pracovní úrazy v souvislosti s novými technologiemi vznikají zejména v souvislosti s [8]:

- nárazem nebo kolizí pracovníka (např. s robotickým ramenem, autonomním dopravním pásem, atd.);
- rozdrcením nebo zachycením pracovníka (např. mezi robotickým ramenem a jiným zařízením);
- poruchami mechanických částí a zasažením pracovníka (např. probodnutí ulomeným nástrojem, apod.);
- z jiné příčiny (např. popálení horkým olejem, zásah elektrickým proudem, aj.).

Obdobná zjištění je možné vypořádat i z interních materiálů VÚBP, v. v. i., v případě pracovních úrazů, které byly identifikovány v českém prostředí.

Obecně je možné uvést, že pracovní úrazy způsobené novými technologiemi vznikají na základě chyb technických (technologických), popřípadě jsou způsobeny lidským činitelem. Mezi technickými chybami lze identifikovat například chyby v konstrukci, mechanizaci, elektronice (např. uvolněné spojení mezi součástmi, vadný tištěný spoj, nefunkční senzor apod.). [9]

Chyby související s lidským činitelem jsou způsobeny například chybami v programování, propojení periferních zařízení, chybným zapojením vstupních/výstupních senzorů, které mohou mít za následek nepředvídaný pohyb nebo akci, což může způsobit zranění osob nebo poškození zařízení. Chyby související s lidským činitelem pramení především z nesprávného zaučení nebo ovládání řídicího panelu či z toho, že nejsou dodrženy předepsané postupy. Problémem však může být i to, že pracovníci přespříliš nekriticky důvěřují kontrolním mechanismům nových technologií. [10]

Vysoké pracovní tempo v mnoha případech může znamenat, že se dostatečně nedbá na BOZP. Prokazuje se, že nejrizikovější situací je přímý kontakt člověka s průmyslovým strojem při provádění běžných operací. Průmyslová

automatizace je jedním z vhodných řešení, jak ulevit zaměstnancům od nebezpečné a monotónní práce. Díky této automatizační technologii je možné snížit výskyt běžných příčin pracovních úrazů na pracovišti až o 35 %, jiný zdroj uvádí pokles až o 72 %. [9] [11]

Ze zahraničních zdrojů plyne, že sami roboti však mohou pracovní úrazy také způsobit. Nejčastějším pracovním úrazem pracovníků při práci s roboty jsou úrazy způsobené rozdrčením nebo zachycením (56 % všech úrazových událostí) a úrazy způsobené nárazem (44 %) a takové hrozí i v budoucnu. Příčinou většiny pracovních úrazů je technická chyba – špatná konstrukce technologie (2/3 úrazů) anebo lidská chyba (1/3 úrazů). [12] [13] [14] I zde však lze odhadovat, že počty úrazů souvisejících s používáním nových technologií budou oproti celkovému počtu úrazů minimální.

Např. počet smrtelných pracovních úrazů způsobených roboty ve Spojených státech amerických za posledních 30 let činí 33 úmrtí zaměstnanců. Průměrný počet úmrtí způsobených robotem za rok je 1,1, (0,55 promile) z přibližně 2 000 pracovních úrazů způsobených roboty za jeden rok. Pro srovnání v USA v roce 2019 zemřelo při pracovním úrazu celkem 5 333 zaměstnanců, o 2 procenta více než v roce 2018 (celkem 5 250). Celkový počet pracovních úrazů v USA v roce 2018 i 2019 byl přibližně stejný a pohybuje se kolem 2,65 mil. [15], [16]. Z těchto údajů vyplývá, že pracovní úrazy v souvislosti s roboty včetně těch smrtelných jsou vzhledem k celkovému počtu pracovních úrazů v USA v menšině. Pokud bychom se na základě této 30leté statistické řady pokusili odhadnout příspěvek k počtu pracovních úrazů v souvislosti s roboty v České republice, dojdeme k číslu nízkých jednotek desítek pracovních úrazů za rok, což není mnoho v porovnání k celkovému počtu pracovních úrazů.

Celková pracovní úrazovost se vlivem používání nových technologií pravděpodobně sníží o jednotky až desítky procent. Analýza vlivu digitálního věku a digitální ekonomiky předpovídá, že v Čechách průmysl vystačí s desetinou současných zaměstnanců.

Odborníci ze společnosti Gartner i Massachusettského technologického institutu předvídají do roku 2025 ztrátu až třetiny současných pracovních míst. To vše rovněž významně ovlivní počet pracovních úrazů v odvětví. [2], [17]

Profese s předpokládaným snížením pracovní úrazovosti v České republice vlivem nových technologií Průmyslu 4.0 (lze předpokládat pokles počtu pracovníků, nahrazení pracovníků pomocí nových technologií)^[1]:

- Úředníci pro zpracování číselných údajů (100%); Všeobecní administrativní pracovníci (100 %); Řidiči motocyklů a automobilů (kromě nákladních) (88 %); Pokladníci a prodavači vstupenek a jízdenek (100 %); Kvalifikovaní pracovníci v lesnictví (60 %); Kováři, nástrojaři a příbuzní pracovníci (83 %); Ostatní úředníci (80 %); Sekretáři (88 %); Obsluha pojízdných zařízení (10 0%); Chovatelé zvířat pro trh (63%); Pomocní pracovníci v zemědělství, lesnictví a rybářství (60 %); Obsluha zařízení na těžbu a zpracování nerostných surovin, strojů na výrobu a zpracování výrobků z pryže, plastu a papíru (80%); Úředníci v logistice (77 %); Montážní dělníci výrobků a zařízení (75 %); Obsluha strojů na výrobu potravin (86 %); Pracovníci s odpady (57 %); Pokladníci ve finančních institucích, bookmakeři (67 %); Strojvedoucí a pracovníci pro sestavování a jízdu vlaků (50 %); Ostatní obsluha stacionárních strojů a zařízení (89 %).

Profese s předpokládaným zvýšením pracovní úrazovosti v České republice vlivem nových technologií Průmyslu 4.0 (lze předpokládat nárůst počtu pracovníků a současně využívání nových technologií) [2]:

- Programátoři (14 %); Specialisté ve výrobě, stavebnictví a příbuzných oborech (18 %).

Profese s předpokládanou stagnací či mírným poklesem pracovní úrazovosti v České republice vlivem nových technologií Průmyslu 4.0 (lze předpokládat mírný pokles počtu pracovníků, využívání nových technologií) [2]:

- Řídící pracovníci v maloobchodě a velkoobchodě; Lékaři (0 %); Všeobecné sestry a porodní asistentky (0 %); Řídící pracovníci v oblasti vzdělávání, zdravotnictví, v sociálních oblastech, obchodu, marketingu, výzkumu, vývoje, reklamy a styku s veřejností (17 %); Učitelé na VŠ, VOŠ (0 %); Řídící pracovníci v oblasti ICT, ubytovacích a stravovacích služeb, v zemědělství, lesnictví, rybářství a v oblasti životního prostředí (27 %); Ostatní specialisté v oblasti zdravotnictví, elektrotechniky, elektroniky a elektronických komunikací, v oblasti databází a počítačových sítí (20 %); Mistři a příbuzní pracovníci v oblasti těžby, výroby a stavebnictví (33 %); Zákonodárci a nejvyšší úředníci veřejné správy, politických a zájmových organizací (20 %); Specialisté v biologických a příbuzných oborech, v oblasti strategie a personálního řízení, sociální, církevní (20 %); Řídící pracovníci v průmyslové výrobě, těžbě, stavebnictví, dopravě a v příbuzných oborech (33 %); Spisovatelé, novináři a jazykovědci (0%).

Technologický rozvoj během probíhající průmyslové revoluce do značné míry tedy určuje a bude určovat trendy v oblasti pracovních úrazů. Roboti převzou mnoho vysoce rizikových činností a opakovaných manuálních prací, které v současné době provádějí lidé, což by mělo vést k menšímu počtu pracovních úrazů. Díky technologickým a automatizačním řešením se může stát pracoviště bezpečnějším, pokud jde o tradiční pracovní úrazy. [3]

Složitě a síťově propojené systémy budou pro zajištění bezpečnosti při vzájemné komunikaci (zejména člověk - stroj - člověk) vyžadovat naprostou shodu povelů a instrukcí (přesně, srozumitelně, výstižně, jednoznačně). Inspirace a zkušenosti lze čerpat z velinů chemických provozů, řízení letového provozu apod. [2]

V souvislosti s Průmyslem 4.0 bude třeba přehodnotit současné nastavení podmínek práce a vztahů všech zainteresovaných stran. Pro přizpůsobování a zlepšování podmínek práce se v důsledku nových technologií otevírají možnosti vytvářet „chytré pracovní prostředí“ (ergonomie, monitorování a prevence rizik, expozic, apod.). Hlavní zásadou pro zvýšení bezpečnosti automatizovaných a robotizovaných pracovišť a snížení počtu pracovních úrazů je udržování bezpečného pracovního prostředí pomocí „kontrolovaných zón“. Podrobnější doporučení týkající se návrhu průmyslových technologických systémů, školení pracovníků a jejich dohledu lze najít v publikaci NIOSH „Prevence úrazů na robotizovaných pracovištích“. [2] [18]

Nové technologie poskytují řadu příležitostí ke zlepšení BOZP. Je to především proto, že mohou nahradit pracovníky v potenciálně nebezpečných prostředích a tím snížit např. [19]:

- riziko pádu z výšky,
- počet zranění spojených se zvedáním těžkých předmětů,
- počet zranění spojených s únavou zaměstnanců.

Automatizované systémy tedy nabízejí z pohledu BOZP značné výhody. Robotizace může pomoci předcházet zraněním nebo nepříznivým účinkům na zdraví při práci v nebezpečných podmínkách. Mohou také zabránit pracovním úrazům při mimořádných událostech. [20]

V závěru této části je vhodné ještě doplnit, že mezi nové technologie patří též exoskeletony, které představují asistenční zařízení poháněná systémem elektrických motorů, pneumaticky, systémem pák, hydraulicky nebo kombinací technologií, které umožňují pohyb končetin se zvýšenou silou a vytrvalostí (tj. fyzickou zátěží). [21] Tato zařízení nemusí mít jen pozitivní přínosy (např. snížení fyzické zátěže, pomoc při správném držení těla, násobení síly pracovníka apod. [22]), vyloučeny nejsou ale ani negativní dopady, které v budoucnu mohou vést k pracovním úrazům či nemocem z povolání. Pro příklad lze uvést, že užívání exoskeletonů může pomoci snížit zátěž ramenních svalů, na druhou stranu však může zvýšit zátěž dolních částí zad. [22] [23] Opět je tedy zřejmé, že bude v budoucnu výraznější požadavek na kvalitně provedené analýzy rizik jak na pracovišti, tak u výrobce nových technologií. Používání exoskeletonů může mít také vliv na požadavek minimálních rozměrů pracovišť. Exoskeletony mohou být totiž poměrně

robustní a mohou zabírat více místa, než vlastní tělo pracovníka. [24] [25]

To, jak se budou nové technologie a postupná robotizace (substituce lidské práce stroji, přístroji, roboty) v rámci Průmyslu 4.0 projevovat z pohledu pracovní úrazovosti, lze shrnout následovně (upraveno dle [7] [15] [8] [17] [18] [19] [26]):

- ❖ Nové technologie pomohou snižovat počet pracovních úrazů tím, že budou rozvíjet bezpečnost a spolehlivost, zodpovědnost a samostatnost při výkonu práce.
- ❖ Nové technologie budou nahrazovat nejdříve zaměstnance v nebezpečných a méně kvalifikovaných profesích a tím pomohou zlepšit pracovní úrazovost.
- ❖ Nové technologie pravděpodobně zvýší pracovní úrazy u těch profesí, které s nimi přichází často do styku, zejména za nestandardních podmínek (např. opraváři, kontrolní a servisní technici, programátoři).
- ❖ Nové technologie povedou k přesunům zaměstnanců z profesí, které lze snadno nahradit novými technologiemi (např. průmyslová výroba a zpracovatelský průmysl) do oblasti služeb a zdravotnictví. To ovlivní pracovní úrazovost.
- ❖ Vzroste potřeba věnovat zvýšenou pozornost a posilovat vědění o nově zaváděných technologiích do praxe, což povede ke zkvalitnění komunikace a ergonomie na pracovišti a k omezení počtu pracovních úrazů.
- ❖ Nové technologie přinesou posun od prevence fyzických rizik (snižování pracovní úrazovosti) k posilování prevence psychosociálních rizik (eliminace nárůstu stresové zátěže).
- ❖ Robotizace a automatizace velmi pravděpodobně omezí riziko vzniku pracovního úrazu při manipulaci s různými materiály a výrobky (břemena).
- ❖ Zatím zůstává otázkou, jestli dojde i ke snížení úrazů v důsledku pádů osob (patří k nejčastějším úrazům).

Nové technologie se budou podílet na omezení fyzického pohybu (např. dlouhé (nevhodné) sezení při práci, jednostranná zátěž, apod.), což může pracovní úrazovost ovlivnit.

Závěr

V obecné rovině lze předpokládat, že bude docházet ke snižování pracovní úrazovosti. Nové technologie nahradí člověka při nebezpečných, manuálních a stereotypních pracích. V této rovině budou počty úrazů minimalizovány. Ve specifických oborech bude však docházet k nárůstu úrazů se zvyšujícím se počtem pracovníků. Například při kolizi člověka se robotem, cobotem, či jinak způsobenou technickou nebo lidskou chybou. V rámci prevence pak bude potřeba věnovat zvýšenou pozornost řádnému zaškolení pracovníků, analýzám rizik a to jak u zaměstnavatele, tak u konstruktérů, kteří vyvíjejí nové technologie.

Dedikace

©2021

Tento výsledek byl finančně podpořen z institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace na léta 2018–2022 a je součástí výzkumného úkolu **01-2020-VÚBP Chytré pracoviště pro bezpečnost a ochranu zdraví pracovníků**, řešeného Výzkumným ústavem bezpečnosti práce, v. v. i., v letech 2020–2021.

Literatura

1. MATHIS, T. Safety 4.0: Updating Safety for Industry 4.0. *EHS Today* [online]. 2018. [cit. 2021-09-10] Dostupné z: <https://www.ehstoday.com/safety-technology/article/21919570/safety-40-updating-safety-for-industry-40>.
2. SVOBODOVÁ, Lenka; MLEZIVOVÁ, Iveta. Jaké dopady přinesou nové technologie a nové společenskoekonomické podmínky? *Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti* [online]. 2017, roč. 10, č. Průmysl 4.0. [cit. 2021-09-10] Dostupný z: <http://www.bozpinfo.cz/josra/jake-dopady-prinesou-nove-technologie-nove-spolecenskoekonomicke-podminky>. ISSN 1803-3687.
3. BELJANIN, P. N. *Promyšlenyje roboty*. Moskva: Mašinstrojenie, 1975.
4. KOLÍBAL, Zdeněk. Minulost a budoucnost robotů. *Automa* [online]. 2009, č. 05. [cit. 2021-09-10] Dostupné z: https://automa.cz/cz/casopis-clanky/minulost-a-budoucnost-robotu-2009_05_39014_4718/
5. QBE. *Reihe zum Thema Unvorhersehbarkeit: Unfälle am Arbeitsplatz 2.0* [online] 2018. [cit. 2021-09-10] Dostupné z: <https://qbe.de/unvorhersehbarkeit/unfaelle-am-arbeitsplatz/>.
6. SOUČEK, Ondřej. Zavádění robotů v Česku zpomaluje: přesto zůstává nad světovým průměrem. *E15.cz* [online] 2020 [cit. 2021-09-10] Dostupné z: <https://www.e15.cz/byznys/prumysl-a-energetika/zavadeni-robotu-v-cesku-zpomaluje-presto-zustava-nad-svetovym-prumerem-1374776>.
7. Evropská komise: Česko: země robotům zaslíbená. *Idnes.cz* [online]. MAFRA, 20. listopadu 2020 [cit. 2021-09-10] Dostupné z: https://sdeleni.idnes.cz/zpravy/evropska-komise-cesko-zeme-robotum-zaslibena.A201118_131157_zpr_sdeleni_hradr.
8. *OSHA Technical Manual (OTM): section IV: chapter 4: Industrial robots and robot system safety*. Occupational Safety and Health Administration, 2017.
9. OWEN-HILL, Alex. Robots Can Help Reduce 35% of Work Days Lost to Injury. *ROBOTIQ* [online] May 26, 2016 [cit. 2021-9-10] Dostupné z: <https://blog.robotiq.com/robots-can-help-reduce-35-of-work-days-lost-to-injury>.
10. *Robotics in the workplace: chapter 6* [online]. U. S. Occupational Safety and Health Administration, 2015 [cit. 2021-08-04] Dostupné z: https://www.osha.gov/Publications/Mach_SafeGuard/chapt6.html
11. Je možné snížit rizika pracovních úrazů pomocí robotů? *Info.cz* [online]. 2019 [cit. 2021-09-10] Dostupné z: <https://www.info.cz/inovace/je-mozne-snizit-rizika-pracovnich-urazu-pomoci-robotu>.
12. VASIC, Milos; BILLARD, Aude. Safety issues in human-robot interactions. In: *IEEE International Conference on Robotics and Automation 2013*. IEEE, 2013. S. 197-204. ISBN 978-1-4673-5643-5.
13. JIANG, Bernard C.; GAINER, Charles A. A cause-and-effect analysis of robot accidents. *Journal of Occupational Accidents*. 1987, vol. 9, no. 1, s. 27-45. ISSN 0376-6349.
14. MURASHOV, Vladimir; HEARL, Frank; HOWARD, John. Working safely with robot workers: recommendations for the new workplace. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* [online]. 2016, vol. 13, no. 3, s. D61-D71 [cit. 2021-08-04]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4779796/>. ISSN 1545-9624
15. WISSKIRCHEN, G. ...[et al.]. Artificial intelligence and robotics and their impact on the workplace. *IBA Global Employment Institute*. 2017, vol. 11, no. 5, s. 49-67.

16. *Injuries, illnesses, and fatalities* [online]. 2020. U. S. Department of Labor Bureau of Labor Statistics [cit. 2021-9-10]. Dostupné z: <https://www.bls.gov/iif/>.
17. PILNÝ, Ivan. *Digitální ekonomika: žít nebo přežít*. Brno: BizBooks, 2016. ISBN 978-80-265-0481-8.
18. MILLAR, J. D. *Request for assistance in preventing injury of workers by robots*. National Institute of Occupational Safety and Health, 1984. S. 85-103.
19. GOULD, Gina. *The Impact of Robotics on Safety and Health. Sustainability, EHS & Operational Risk Management Software* [online]. 2019 [cit. 2021-09-10]. Dostupné z: <https://enablon.com/blog/the-impact-of-robotics-on-safety-and-health/>.
20. VARGAS, Susan. Robots in the workplace. *Safety+Health Magazine* [online] 2019. [cit. 2021-09-10]. Dostupné z: <https://www.safetyandhealthmagazine.com/articles/16789-robots-in-the-workplace>.
21. SYLLA, Nahema ...[et al.]. Ergonomic contribution of ABLE exoskeleton in automotive industry. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2014, vol. 44, no. 4, s. 475-481. ISSN 0169-8141.
22. FOX, Stephen ...[et al.]. Exoskeletons: Comprehensive, comparative and critical analyses of their potential to improve manufacturing performance. *Journal of Manufacturing Technology Management* [online]. 2019, vol. 31, no. 6, s. 1261-1280 [cit. 2021-08-04]. Dostupné z: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JMTM-01-2019-0023/full/pdf>. ISSN 1741-038X.
23. THEUREL, Jean ...[et al.]. Physiological consequences of using an upper limb exoskeleton during manual handling tasks. *Applied Ergonomics*. 2018, vol. 67, s. 211-217. ISSN 0003-6870.
24. RASHEDI, Ehsan ...[et al.]. Ergonomic evaluation of a wearable assistive device for overhead work. *Ergonomics*. 2014, vol. 57, no. 12, s. 1864-1874. ISSN 0014-0139.
25. JERBI, Abdessalem; CHTOUROU, Hédi; MAALEJ, Aref Y. Comparing functional and cellular layouts using simulation and Taguchi method. *Journal of Manufacturing Technology Management* [online]. 2010, vol. 21, no. 5, s. 529-538 [cit. 2021-08-04]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/228680071_Comparing_functional_and_cellular_layouts_using_simulation_and_Taguchi_method. ISSN 1741-038X.
26. CHMELÁŘ, Aleš. ...[et al.] *Dopady digitalizace na trh práce v ČR a EU: OSTEU discussion paper 12/2015*. Praha: Úřad vlády České republiky, 2015.

Vzorová citace

SENČÍK, Josef; NECHVÁTAL, Marek; VESELÁ, Kateřina. Analýza možných dopadů Průmyslu 4.0 na pracovní úrazovost. *Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti* [online]. 2021, roč. 14, č. 2. Dostupný z: <https://www.bozpinfo.cz/josra/analyza-moznych-dopadu-prumyslu-40-na-pracovni-urazovost>. ISSN 1803-3687.

[1] Pozn.: V závorce odhadovaný substituční potenciál (potenciál nahraditelnosti, potenciál automatizovatelnosti profese/povolání dle IAB-futuroautomatu práce [2], který vyjadřuje míru nahraditelnosti profese novými technologiemi v %).

Autor článku:

[Mgr. et Mgr. Josef Senčík](#)

[Ing. Marek Nechvátal](#)

Ing.

Kateřina

Veselá