

# DIGITALIZÁCIA A TRHOVÉ TRENDY V MLIEKARENSKOM PRIEMYSLE: VÝZVY, INOVÁCIE A POTREBA

## DIGITALIZATION AND MARKET TRENDS IN THE DAIRY INDUSTRY: CHALLENGES, INNOVATIONS, AND NEEDS

Michaela Ogurčáková, Peter Ťapaj

DOI: 10.61544/mnk/HODM4988

---

### Abstract

**Purpose of the article:** The purpose of this article is to analyse how digitalisation, automation and emerging market trends are transforming production systems, managerial practices and competitiveness in the dairy industry. The study focuses on how digital tools increase efficiency, optimise production planning and enhance quality control, while simultaneously raising the requirements for employee skills. The article emphasises that the successful integration of Industry 4.0 technologies depends not only on investments into modern equipment, but also on the systematic development of human capital.

**Methodology/methods:** The methodological framework is based on a literature review, the evaluation of real production data and graphical visualisations illustrating seasonality, annual variability and the potential of data-driven manufacturing. Analytical methods include trend interpretation, comparative analysis and assessment of operational datasets to demonstrate how digital technologies influence production workflows and workforce qualification needs.

**Scientific aim:** The scientific aim of the article is to identify key technological, organisational and educational factors that shape the success of digital transformation in dairy enterprises. Particular attention is devoted to examining how IoT systems, predictive analytics, automated processing lines and intelligent quality-control technologies redefine job profiles and shift demanded competencies from manual labour to digital and analytical skills.

**Findings:** The findings indicate that digitalisation significantly reduces routine manual tasks while increasing the need for workers capable of managing automated systems, interpreting operational data and interacting with smart technologies. The study shows that the main barrier to digital transformation is not technological availability, but the shortage of qualified personnel and insufficient cooperation between industry and educational institutions.

**Conclusions (limits, implications etc.):** The article concludes that digitalisation represents a strategic opportunity for dairy enterprises; however, its effectiveness depends on workforce readiness and continuous employee upskilling. The research highlights limitations related to differing technological maturity among enterprises and variable workforce data. Future studies should examine long-term labour market impacts and the evolution of training systems within the dairy sector.

**Keywords:** digitalisation, dairy industry, education, human capital, automation, IoT, Industry 4.0, data-driven management, innovation

**JEL Classification:** O14, L66, M54, O33, I25

## ÚVOD

Mliekarenský priemysel prechádza v posledných rokoch výraznou technologickou a organizačnou transformáciou, ktorú poháňajú trhové zmeny, tlak na efektívnosť, rastúce požiadavky zákazníkov a postupná digitalizácia celého potravinárskeho sektora. Moderné mliekarenské podniky dnes čelia potrebe reagovať na vyššiu dynamiku trhu, kolísanie dodávok surového mlieka, prísnejšie hygienické normy a rastúcu konkurenciu zo zahraničia. V tejto situácii sa digitalizácia stáva kľúčovým nástrojom na zvyšovanie produktivity, kvality výroby aj strategickej adaptability. Zavádzanie technológií založených na princípoch Priemyslu 4.0 – vrátane IoT senzorov, automatizovaných liniek, inteligentných systémov riadenia, dátovej analytiky a robotizácie – umožňuje podnikom optimalizovať procesy, monitorovať výrobu v reálnom čase a prijímať rozhodnutia na základe kvalitných dát.

Napriek technologickému pokroku však prax ukazuje, že najväčšou bariérou digitalizácie už nie je dostupnosť technológií, ale pripravenosť ľudí pracovať s nimi. Mliekarenský sektor sa dnes stretáva s nedostatkom kvalifikovaných pracovníkov, ktorí by ovládali digitálne nástroje, rozumeli technickým procesom, vedeli interpretovať výrobné dáta a dokázali pracovať v prostredí automatizovaných prevádzok. Tradičné manuálne činnosti sú postupne nahrádzané obsluhou digitálnych rozhraní, monitorovaním procesov a analytickou prácou. Tento posun predstavuje zásadnú výzvu pre systém vzdelávania, ktorý často nedokáže pružne reagovať na meniace sa potreby praxe.

Výrazne sa tak zvyšuje význam odborného vzdelávania, duálneho systému a kontinuálneho profesijného rozvoja pracovníkov. Mliekarenské podniky potrebujú zamestnancov, ktorí sú schopní orientovať sa v technologických trendoch, používať moderné výrobné systémy a aktívne pracovať s dátami. Bez kvalitnej prípravy pracovnej sily je digitalizácia len čiastočná – technológie nedosahujú svoj potenciál, vznikajú výrobné úzke miesta a podnik stráca konkurencieschopnosť. Kľúčové je preto budovanie prepojenia medzi podnikmi a školami, aktualizácia učebných osnov, investície do moderného technického vybavenia pre praktické vyučovanie a rozvoj mäkkých aj technických zručností zamestnancov.

Digitalizácia mliekarenskeho priemyslu preto nie je len technologickým, ale najmä vzdelávacím a personálnym projektom. Úspech modernizácie závisí od toho, či sa podarí vytvoriť pracovnú silu, ktorá dokáže tieto technológie efektívne využívať, rozumieť im a aktívne ich rozvíjať. Tento článok sa preto venuje nielen technologickým trendom a dátovej analytike, ale najmä potrebe vzdelávania, ktorá predstavuje základný predpoklad udržateľnej digitálnej transformácie mliekarenských podnikov.

## 1 CIEĽ A METODIKA

Cieľom príspevku je analyzovať kľúčové aspekty digitalizácie v mliekarenskom priemysle so zameraním na identifikáciu pracovných pozícií najviac ohrozených automatizáciou, posúdenie úrovne digitálnej pripravenosti zamestnancov a určenie požiadaviek na vzdelávanie potrebné pre moderné mliekarenské prevádzky. Súčasťou cieľa je tiež identifikovať príležitosti, ktoré digitalizácia prináša pre podniky v podobe efektívnejšej výroby, vyššej kvality produktov, personálneho rozvoja a udržateľnej konkurencieschopnosti. Výskum sa zameriava na prepojenie technologických trendov s personálnymi kapacitami priemyslu a na formuláciu odporúčaní pre vzdelávanie, ktoré reflektuje potreby Priemyslu 4.0 a digitalizovanej ekonomiky.

Metodika príspevku je založená na kvalitatívnom a kvantitatívnom spracovaní dostupných vedeckých zdrojov, analýze odborných článkov, publikácií a štúdií venovaných digitalizácii, automatizácii a vzdelávaniu v potravinárskom priemysle. Súčasťou metodického

postupu bola aj obsahová analýza zdrojov z oblasti manažmentu rizík, inteligentných výrobných systémov, riadenia na základe dát a technologických inovácií. Pri hodnotení ohrozených pracovných pozícií bol využitý systematický prehľad klasifikácie povolání (ISCO) a ich zmeny v dôsledku automatizácie, čo umožnilo zostaviť prehľadnú identifikáciu obsolentných a transformujúcich sa profesií. Súčasťou metodiky bola aj komparatívna analýza trendov vzdelávania, ktorá umožnila určiť medzery v príprave pracovníkov a potrebu moderných vzdelávacích modelov, vrátane duálneho vzdelávania, rekvalifikácie a špecializovaných kurzov. Výstupy metodiky slúžia ako základ pre syntézu odporúčaní zameraných na rozvoj digitálnych kompetencií a prípravu mliekarní na technologickú transformáciu.

## 2 IDENTIFIKÁCIA PRACOVNÝCH POZÍCIÍ V MLIEARENskom ODVETVÍ, KTORÉ SÚ OHROZENÝCH AUTOMATIZÁCIOU A DIGITALIZÁCIOU

Analýza pracovných miest v potravinárskom priemysle ukazuje, že najvyšší stupeň ohrozenia obsadenosťou sa týka najmä pozícií s vysokým podielom rutinných a manuálnych činností. Môžeme to vidieť v tabuľka č. 1, ktorá sa nazýva identifikácia jednotlivých pracovných pozícií, ktoré sa vplyvom automatizácie a digitalizácie stanú pre sektor obsolentné detailne zachytáva profesie, pri ktorých technologický pokrok zásadne mení náplň práce danom odvetví. Do tejto skupiny patria najmä operátori výrobných zariadení, baliacich liniek, zariadení na úpravu surovín či pracovníci údržby a logistiky. Tito vybrané pozície budú tak možné nahradzovať postupne zvýšenou digitalizáciou.

**Tabuľka 1: Identifikácia jednotlivých pracovných pozícií, ktoré sa vplyvom automatizácie a digitalizácie stanú pre sektor obsolentné**

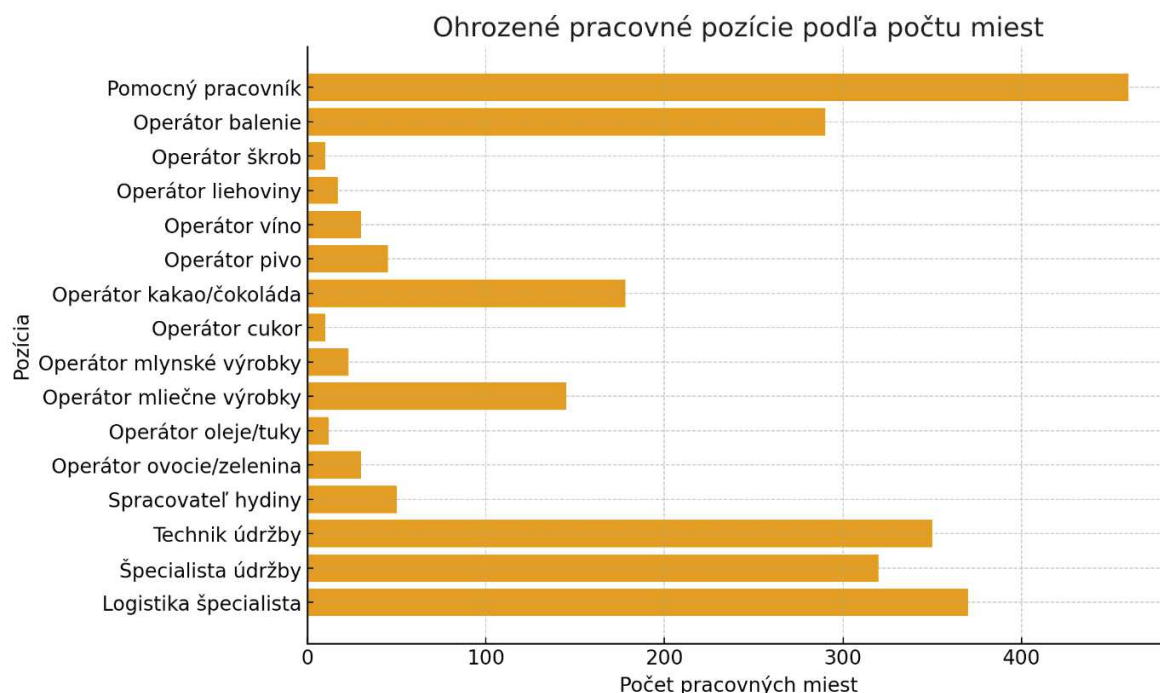
Zamestnanie	Alternatívny názov	ISCO	Stručné odôvodnenie obsolencie pracovnej pozície	Predpokladaný rok začiatku obsolencie	Počet pracovných miest na trhu práce
Špecialista logistik v potravinárskej výrobe	Špeditér, Plánovač	2141 Špecialisti v oblasti priemyslu a výroby	Do veľkej miery môže byť nahradený softvérom alebo inými špecifickými programami	2028	370
Špecialista údržby v potravinárskej výrobe	Technik kontroly v potravinárskej výrobe	2141 Špecialisti v oblasti priemyslu a výroby	Postupne vplyvom digitalizácie a robotizácie sa bude meniť jeho náplň, pričom by sa nemal stať úplne obsolentným, ale len čiastočne	2028	320
Technik údržby v potravinárskej výrobe	Pracovník technickej údržby, Elektrotechnik údržby	3142 Technici v poľnohospodárstve a potravinárstve	Postupne vplyvom digitalizácie a robotizácie sa bude meniť jeho náplň, pričom by sa nemal stať úplne obsolentným, ale len čiastočne	2028	350

<b>Operátor zariadenia na výrobu mliečnych výrobkov</b>	Strojník zariadení na výrobu mliečnych výrobkov	8160 Operátori zariadení na výrobu potravín a podobných výrobkov	Postupne vplyvom digitalizácie a robotizácie sa bude meniť jeho náplň, pričom by sa nemal stať úplne obsolentným, ale len čiastočne	2028	145
<b>Pomocný pracovník v potravinárskej výrobe</b>	Pomocný skladový pracovník	9329 Pomocní pracovníci vo výrobe	Postupne vplyvom digitalizácie a robotizácie sa bude meniť jeho náplň, pričom by sa nemal stať úplne obsolentným, ale len čiastočne	2028	460

Zdroj: Klasifikácia zamestnaní ISCO SK, 2025 a Štatistický Úrad Slovenskej Republiky 2025

Väčšina týchto pozícií nebude nahradená úplne, ale ich obsah sa výrazne zmení. Automatizované výrobné linky, inteligentné riadiace systémy a robotické manipulátory postupne preberajú činnosti, ktoré boli donedávna vykonávané manuálne. To znamená, že tradičná práca operátora alebo údržbára sa transformuje na dohľad, nastavovanie digitálnych systémov, prácu s dátami a monitorovanie procesov v reálnom čase. Podobne aj pracovníci kontroly kvality sa z rutinných kontrolných činností presúvajú k interpretácii dát zo senzorov, digitalizovaných laboratórnych analýz a softvérových nástrojov.

Z uvedeného vyplýva, že kľúčovým faktorom úspešnej adaptácie potravinárskych podnikov bude systematické vzdelávanie zamestnancov v oblasti digitálnych technológií. Pracovníci musia vedieť pracovať nielen s automatizovanými zariadeniami, ale aj s údajmi, softvérom, systémami vizualizácie výrobných procesov či nástrojmi prediktívnej údržby. Investícia do rozvoja digitálnych kompetencií je preto jedným z najdôležitejších predpokladov udržania konkurencieschopnosti mliekarenského odvetvia.



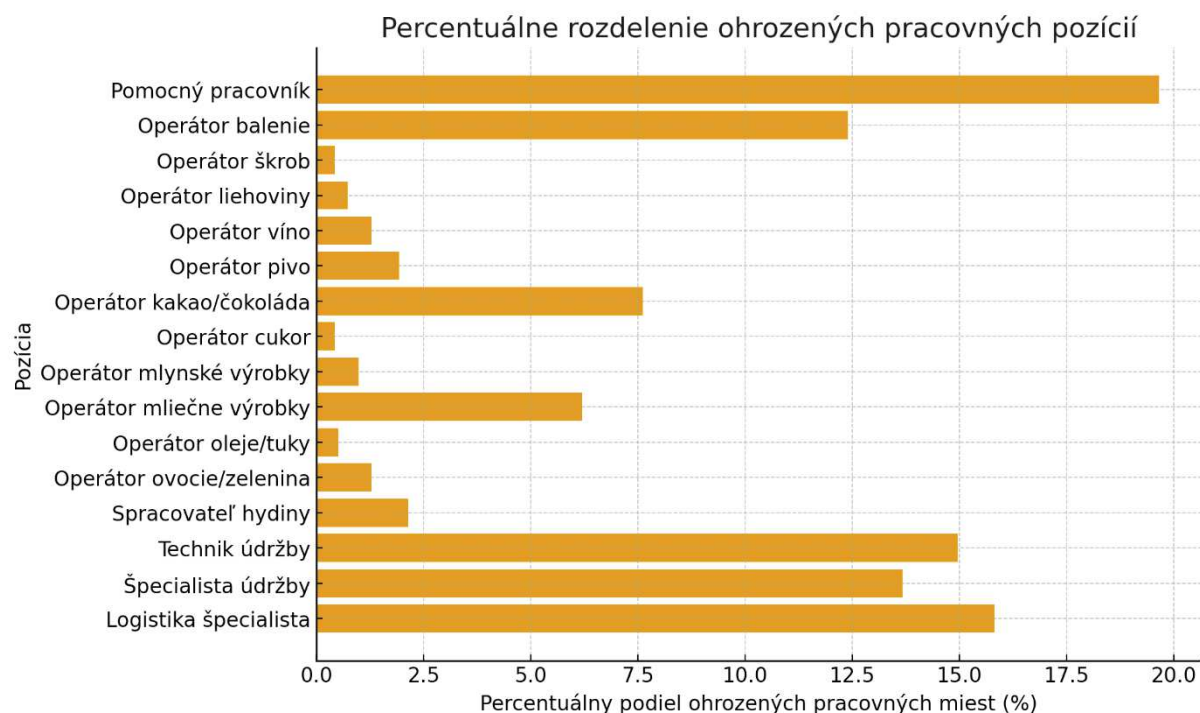
**Graf 1: Ohrozené pracovné pozície podľa počtu miest**

Zdroj: Vytvorené autormi na základe tabuľky 1

Na základe údajov z tabuľky č.1 bola vytvorená vizualizácia, ktorá zobrazuje rozsah potenciálne ohrozených pracovných pozícií z hľadiska počtu pracovných miest. Graf 1 ukazuje, že najväčší dopad automatizácie a digitalizácie možno očakávať pri pozíciách s vysokým objemom manuálnej práce, pričom najpočetnejšiu ohrozenú skupinu predstavujú pomocní pracovníci v potravinárskej výrobe 460 pracovných miest a operátori zariadení na balenie a etiketovanie 290 miest. Tieto profesie patria medzi najviac rutinné, čo spôsobuje, že automatizačné technológie dokážu vo veľkej miere prevziať ich činnosti.

Vysoký počet ohrozených miest možno pozorovať aj pri špecializovaných technických pozíciách, ako sú špecialisti logistiky 370, technici a špecialisti údržby 320–350, ktoré síce nebudú úplne nahradené, ale budú si vyžadovať významnú transformáciu zručností. Digitalizované riadiace systémy, prediktívna diagnostika a automatizované výrobné linky menia charakter týchto profesií smerom k práci s dátami, softvérom a IKT infraštruktúrou, čo zdôrazňuje potrebu odborného vzdelávania.

Pri mliekarenskom sektore je priamo relevantná kategória operátorov zariadení na výrobu mliečnych výrobkov 145 miest. Tieto pozície sú charakteristické vysokou mierou opakovateľných úkonov a monitorovania procesov, ktoré preberajú automatizované výrobné linky, senzory a riadiace systémy. Digitalizácia preto neznamená zánik týchto pozícií, ale ich prechod k viac kvalifikovaným a technologicky orientovaným činnostiam. Operátor už nevykonáva prevažne fyzickú obsluhu zariadenia, ale stáva sa správcom výrobných parametrov, monitoruje kvalitu cez inteligentné systémy a rieši odchýlky v reálnom čase.



**Graf 2: Percetuálne rozdelenie ohrozených pracovných pozícií**

*Zdroj: Vytvorené autormi na základe tabuľky 1*

Graf 2 tak jednoznačne vizualizuje disproporciu medzi pozíciami, ktoré sú prevažne fyzické a rutinné, a tými, ktoré si vyžadujú vyššiu technickú odbornosť. Zobrazené údaje zároveň potvrdzujú, že pre mliekarenský priemysel je digitalizácia nielen technologickou výzvou, ale aj vzdelávacou, keďže zamestnanci budú musieť prejsť rekvalifikáciou smerom k digitálnym zručnostiam, aby dokázali efektívne vykonávať činnosti v modernizovaných výrobných procesoch.

## 2.1 Digitalizácia v mliekarenských podnikoch

Digitalizácia sa stala jednou z najtransformujúcejších síl v sektore mliekarenského priemyslu. Podniky pôsobiace v tomto odvetví, ktoré zahŕňajú celý hodnotový reťazec od farmy cez spracovanie až po logistiku a predaj, čelia výzve premeniť svoje procesy tak, aby boli efektívnejšie, kvalitnejšie a konkurencieschopnejšie. Digitalizácia pritom nepredstavuje len zavádzanie jednotlivých technológií, ale komplexnú zmenu v operáciách, organizačných štruktúrach a podnikateľských stratégiách.

### Priemysel 4.0 a inteligentné poľnohospodárstvo

Prijatie technológií Priemyslu 4.0 – ako sú umelá inteligencia (AI), strojové učenie, robotika a Internet vecí (IoT) – zásadným spôsobom pretvára mliekarenské podniky. Umožňuje presné poľnohospodárstvo, efektívnejšiu správu dát a automatizované spracovanie, čo významne prispieva k udržateľnosti a inováciám (Malik, Gahlawat a Mor 2023; Kozina a Semkiv 2020).

### Rozhodovanie založené na údajoch

Digitalizácia je postavená na zhromažďovaní a analýze veľkých objemov dát. Prístup založený na dátach zvyšuje prevádzkovú efektívnosť, zlepšuje vysledovateľnosť a podporuje vznik nových digitálnych obchodných modelov. Zároveň však vyžaduje štandardizované dátové protokoly a vysokú úroveň digitálnej gramotnosti pracovníkov (Ciasullo, Ferrara a Lim 2025; Buescher 2023).

### Sociálno-ekonomické dôsledky a dopad na pracovnú silu:

Digitalizácia zásadne mení pracovné úlohy aj zodpovednosti zamestnancov a manažérov. Úspešná digitálna transformácia podniku závisí od odbornej prípravy pracovníkov, efektívneho riadenia zmien a často aj od organizačnej reštrukturalizácie. Digitalizácia vplyva aj na sociálny status chovateľov, ich pracovné postupy a identitu v modernizovanom poľnohospodárstve (Goller, Caruso a Harteis 2021; Butler a Holloway 2016).

#### 2.1.1 Výroba

Výroba v mliekarenskom priemysle zahŕňa všetky procesy spojené s premenou surového mlieka na finálne výrobky, ako sú jogurty, syry, maslo či sušené mlieko. Kvalita a množstvo mlieka sú formované už na úrovni farmy, kde genetika, výživa zvierat, zdravotný stav a manažment stáda zohrávajú rozhodujúcu úlohu. Súčasný výskumy potvrdzujú, že udržateľnosť a správne riadenie zdrojov majú významný vplyv na efektívnu produkciu mlieka (Huang, Shi a Tesák 2021).

V mliekarenských závodoch sú spracovateľské procesy postavené na technológiách, ako sú pasterizácia, fermentácia, homogenizácia, sušenie a balenie. Moderné výrobné linky využívajú automatizáciu, inteligentné riadenie a presné monitorovanie, čím sa zvyšuje produktivita, znižujú náklady a minimalizuje chybovosť. Najnovšie štúdie upozorňujú, že technologické inovácie výrazne zlepšujú energetickú efektívnosť a optimalizujú celkový chod prevádzok (Karthikeyan a Kumar 2023).

Digitalizácia a robotizácia vo výrobe umožňujú presné riadenie jednotlivých fáz spracovania, zlepšenie hygieny, bezpečnosti a vysledovateľnosti výrobkov. Automatizované systémy v mliekarenskej výrobe podporujú rýchlu reakciu na zmeny dopytu a zabezpečujú stabilnú kvalitu produktov (Akin et al. 2022).

Významným aspektom výroby je tiež efektívne nakladanie so zdrojmi. Optimalizácia procesov, manažment vstupov a moderné výrobné postupy prispievajú k vyššej

konkurencieschopnosti podnikov a zároveň k nižšiemu environmentálnemu zaťaženiu (Cherednichenko a Pashchenko 2018).

## Automatizované linky na spracovanie mlieka a digitálne technológie vo výrobe

Automatizované linky na spracovanie mlieka predstavujú technologicky vyspelé systémy, ktoré integrujú riadiace jednotky, senzory, robotické prvky a analytické nástroje s cieľom zabezpečiť stabilnú kvalitu výroby pri minimálnom zásahu človeka. Tieto systémy pokrývajú celý výrobný reťazec — od príjmu surového mlieka, cez filtráciu, pasterizáciu a homogenizáciu až po balenie finálnych produktov. Automatizácia umožňuje presné riadenie procesných parametrov, čím sa znižuje riziko chýb a zvyšuje sa konzistentnosť produkcie.

Významným trendom sú **in-line senzory a inteligentné monitorovacie systémy**, ktoré umožňujú priebežné sledovanie kvality mlieka počas výroby. Moderné senzory, ako napríklad technológie využívajúce kremeňové rezonátory, infračervenú spektroskopiu či optické princípy, umožňujú v reálnom čase vyhodnocovať vlastnosti mlieka a jeho znečistenie. Tieto technológie zvyšujú spoľahlivosť výrobných procesov a podporujú automatizované čistenie výrobných zariadení, čo je dôležité pre hygienu a bezpečnosť výroby (Gottschall et al. 2024).

Rovnako dôležitým prvkom je **technologická podpora počas procesu dojenia**, kde in-line analyzátory kvality umožňujú získavať presné údaje o parametroch mlieka už pri produkcii mlieka. Recenzie potvrdzujú rozsiahle možnosti moderných meracích technológií pri sledovaní tuku, proteínu, somatických buniek či vodivosti, čo prispieva k rýchlej diagnostike zdravotného stavu zvierat aj optimalizácii produkcie (Kuneš et al. 2021).

**Umelá inteligencia a pokročilá automatizácia** sa čoraz viac presadzujú pri riadení bezpečnosti potravín a prediktívnej údržby. AI riešenia umožňujú monitorovať mikrobiálnu bezpečnosť, optimalizovať tepelné spracovanie a predchádzať odchýlkam v kvalite, čím urýchľujú transformáciu mliekarenských závodov smerom k štandardom Industry 4.0 (Kyaw et al. 2024).

V oblasti hodnotenia kvality sú čoraz častejšie využívané **multispektrálne senzory** a kompaktné analyzátory, ktoré umožňujú rýchlu a nákladovo efektívnu analýzu mlieka priamo na mieste výroby. Tieto technológie znižujú čas medzi odberom vzorky a rozhodnutím operátora, čím podporujú efektívne riadenie výroby (Yang et al. 2020).

Ďalší významný trend predstavuje **automatizovaná kontrola príjmu surového mlieka**, kde pokročilé matematické modely a digitálne systémy hodnotenia kvality umožňujú objektívne rozhodovanie o prijatí suroviny, ako aj efektívnejšie sušenie a spracovanie mliečnych produktov. Tieto prístupy prinášajú vyššiu transparentnosť a optimalizáciu procesov (Shiyanova et al. 2014).

Spoločným menovateľom týchto technológií je zvýšená **efektivita, bezpečnosť, hygienická stabilita a konkurencieschopnosť mliekarenských podnikov**, ktoré prostredníctvom digitalizácie dosahujú vyššiu úroveň automatizácie, presnosti a adaptability na meniace sa podmienkach v raste priemyselných sektorov.

## Digitálne technológie v mliekarenskom priemysle – stručný prehľad

Digitalizácia zásadne mení fungovanie mliekarenského sektora. Umelá inteligencia (AI), internet vecí (IoT), dátová integrácia a blockchain prinášajú vyššiu presnosť, bezpečnosť a efektivitu v celom hodnotovom reťazci od farmy až po finálny produkt.

**AI a dátová analytika** na farmách umožňujú monitorovanie zdravia kráv, optimalizáciu dojivosti a prediktívne riadenie produkcie. Výskumy potvrdzujú, že AI zlepšuje rozhodovanie, produktivitu aj riadenie rizík v chove a spracovaní (Palma et al. 2025).

**Dátová integrácia** je kľúčom k digitalizácii mliekarenských podnikov. Prepojenie údajov zo senzorov, výrobných liniek, laboratórnych analýz či logistiky podporuje presnú kontrolu kvality, automatizované rozhodovanie a efektívne plánovanie kapacít (Cabrera et al. 2025).

V oblasti spracovania získava čoraz väčší význam **inteligentné riadenie pasterizácie, teploty a hygieny**, kde AI a IoT umožňujú presné nastavenie procesov, predikciu porúch a vyššiu úroveň bezpečnosti výrobkov. Tieto technológie znižujú energetickú náročnosť a minimalizujú chybovosť.

**Blockchainové riešenia** prinášajú spoľahlivú vysledovateľnosť mlieka v celom dodávateľskom reťazci. Zabezpečujú transparentné, nemenné a overiteľné údaje o pôvode, kvalite a pohybe mliečnych produktov, čo zvyšuje dôveru spotrebiteľov aj obchodných partnerov (Khanna et al. 2022).

**Robotizácia, automatizácia, balenia a etiketovania** zásadne zvyšujú efektívnosť mliekarenských prevádzok, keďže nahrádzajú manuálne úkony presnými a hygienickými robotickými systémami. Moderné baliace linky využívajú robotické ramená a strojové videnie na presné manipulovanie s produktmi, kontrolu obalov a detekciu chýb (Vasudevan et al. 2024). Dalším posunom v oblasti balenia je umelá inteligencia optimalizuje parametre balenia, znižuje chybovosť, podporuje prediktívnu údržbu a umožňuje rýchle prispôsobenie výrobných liniek pri zmene sortimentu (Song et al. 2025). Kolaboratívne roboty a mobilné koboty dokážu autonómne zásobovať baliace stroje materiálom, čím odľahčujú pracovníkov a zvyšujú flexibilitu linky (Comari et al. 2022).

### 2.1.2 Kontrola kvality v mliekarenskom priemysle

Kontrola kvality v mliekarenskom priemysle predstavuje súbor postupov, ktoré zabezpečujú bezpečnosť, autenticitu a stabilnú kvalitu mlieka a mliečnych výrobkov v celom reťazci od farmy až po spotrebiteľa. Zahŕňa monitorovanie chemického zloženia, mikrobiálnej nezávadnosti, prítomnosti kontaminantov a falzifikátov, pričom kombinuje tradičné laboratórne metódy s modernými digitálnymi technológiami. Pokročilé senzorické systémy, spektroskopia, NMR či Ramanova analýza umožňujú rýchle a neinvazívne hodnotenie kvality priamo počas výroby.

Čoraz dôležitejšiu úlohu zohráva umelá inteligencia, ktorá podporuje automatizovanú detekciu patogénov, analýzu veľkých objemov dát a prediktívne rozhodovanie, čím zvyšuje presnosť a rýchlosť riadenia kvality (Khanashyam et al., 2025; Palma et al., 2025). Dátová integrácia a štandardizácia procesov naprieč systémami spracovania výrazne zlepšujú konzistentnosť produkcie (Cabrera et al., 2025; Baldin et al., 2025).

Kľúčovým prvkom je aj kontrola kvality v dodávateľskom reťazci, kde systémy HACCP, GS1 a digitálna vysledovateľnosť minimalizujú riziko bezpečnostných incidentov a zvyšujú transparentnosť toku výrobkov (Tian, 2016; Nurakhova et al., 2020). Vďaka týmto nástrojom dokážu mliekarenské podniky efektívne reagovať na odchýlky, zaručiť bezpečnosť spotrebiteľov a udržiavať vysoký štandard výroby v súlade s medzinárodnými normami.

### 2.1.3 Digitálna logistika v mliekarenskom priemysle

Digitálna logistika v mliekarenskom priemysle predstavuje využitie moderných digitálnych technológií na riadenie prepravy, skladovania a distribúcie vysoko citlivých a rýchlo sa kaziacich výrobkov. Internet vecí (IoT), RFID systémy a GPS monitorovanie umožňujú nepretržitú kontrolu chladiaceho reťazca, ktorý je kľúčový pre zachovanie kvality mliečnych produktov počas pohybu v logistickej sieti. Sensory v chladiarenských vozidlách zaznamenávajú teplotu, vlhkosť či vibrácie v reálnom čase a okamžite upozorňujú na odchýlky, čím znižujú riziko znehodnotenia tovaru.

V oblasti skladovania prinášajú významné výhody RFID etikety a IoT brány, ktoré automatizujú inventúru, zvyšujú presnosť sledovania zásob a skracujú čas potrebný na vychystávanie objednávok (Chien, Zhuang & Teng, 2022). Digitálne systémy logistického riadenia tak dokážu prepojiť sklad, prepravu aj distribúciu do jedného toku dát.

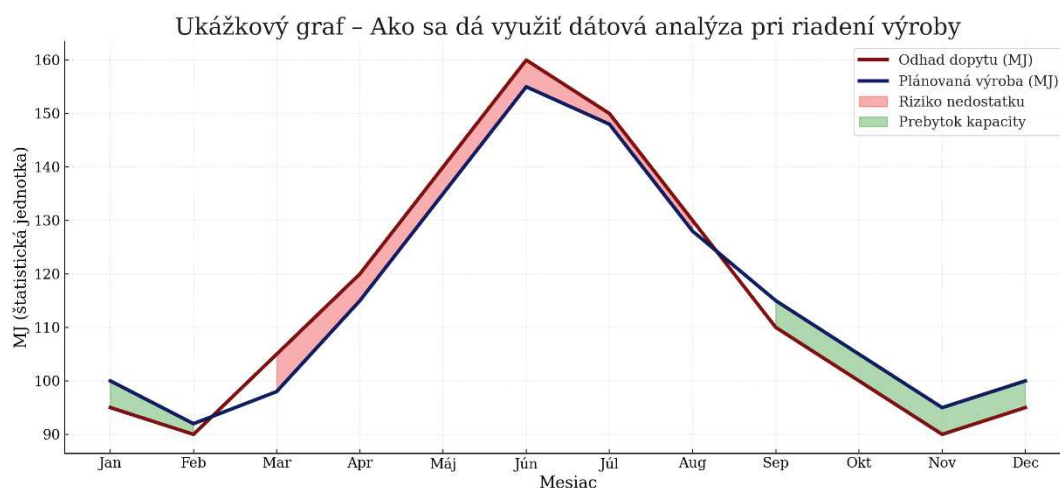
Reálne sledovanie trás pomocou GPS, ZigBee či GPRS zlepšuje transparentnosť prepravy a umožňuje optimalizovať trasy pre dodávky čerstvých mliečnych výrobkov, čo vedie k úspore paliva a rýchlejšiemu dodaniu (Li & Zhang, 2010). Prehľadné vizuálne rozhrania, ktoré kombinujú dáta o skladoch, vozidlách a prostredí, umožňujú podnikom rýchle rozhodovanie a efektívne manažovanie celého dodávateľského reťazca.

### 2.1.4 Riadenie výroby na základe dát v mliekarenskom priemysle

Riadenie výroby a manažment založený na dátach v mliekarenskom priemysle predstavujú moderný prístup, ktorý využíva veľké dátové súbory, umelú inteligenciu a pokročilé analytické metódy na optimalizáciu rozhodovania. Cieľom je znížiť straty, lepšie plánovať výrobu a dynamicky reagovať na meniace sa potreby trhu. AI modely, ako sú neuronové siete, hybridné SARIMAX–XGBoost algoritmy či podporné vektorové stroje, umožňujú presné predpovede spotreby, ktoré zohľadňujú sezónnosť, sviatky a špecifické obdobia so zvýšeným dopytom (Obaidat et al., 2025; Lutoslawski et al., 2021).

Takéto predikčné modely umožňujú mliekarenským podnikom prispôbiť výrobný plán, optimalizovať portfólio produktov a efektívne riadiť zásoby. Výrazne prispievajú aj k znižovaniu odpadu, najmä pri krátkodobých produktoch s limitovanou trvanlivosťou (Abaddi, 2025).

Pokročilé dátové platformy podporujú zber, prepojenie a analýzu informácií zo všetkých častí hodnotového reťazca – od chovateľov, cez spracovanie až po distribúciu. Nástroje big dáta analýzy dokážu predpovedať vývoj mliekovej úžitkovosti, trhových cien či spotrebiteľského správania, čo umožňuje strategické plánovanie a rýchle rozhodovanie aj vo vysoko voliteľnom prostredí (Yan et al., 2015; Li et al., 2023). Na poukázanie slúži Graf 3.



**Graf 3: Využitie dát na analýzu dopytu produkcie**

*Zdroj: Vytvorené autormi na základe dát podniku*

Na grafe 3 je uvedená ukážka dátového porovnania dopytu a výroby v mesačnom horizonte. Takáto vizualizácia predstavuje praktický nástroj manažérskeho riadenia v mliekarenskom priemysle. Zvýraznené oblasti indikujú obdobia rizika nedostatku (červená výplň) alebo prebytku kapacít (zelená výplň). Analýza umožňuje lepšie plánovanie výroby,

optimalizáciu kapacít, znižovanie nákladov a efektívnejšiu reakciu na sezónne výkyvy v dostupnosti surového mlieka. Tento prístup je vhodný najmä pre podniky, ktoré zavádzajú princípy digitálneho riadenia výroby.

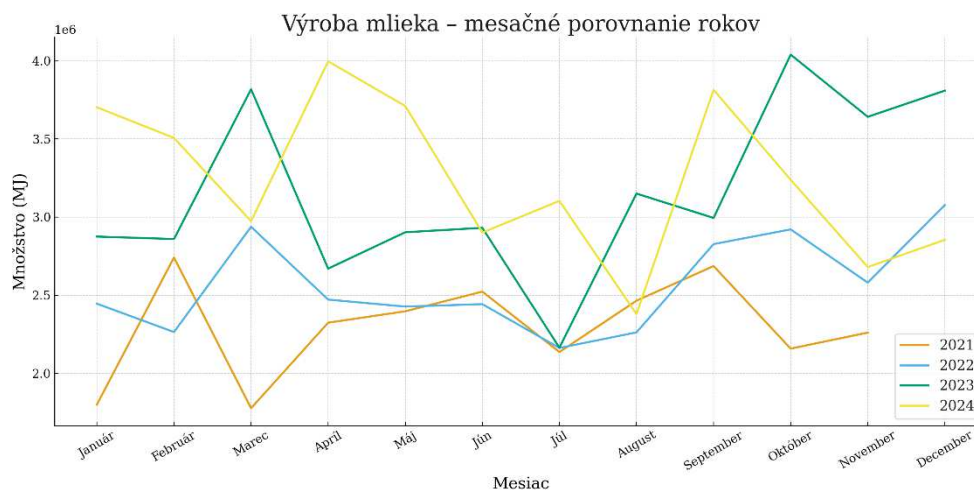
Riadenie výroby založené na dátach tak poskytuje mliekarenským podnikom agilitu, efektívnosť a schopnosť reagovať na trhové zmeny v reálnom čase. Stáva sa nevyhnutnou súčasťou moderných smart mliekarní, ktoré spájajú presné plánovanie, flexibilnú výrobu a vysokú konkurencieschopnosť.

### Risk management a rozhodovanie v mliekarenských závodoch (stručná verzia so zdrojmi)

Riadenie rizík v mliekarenských závodoch zahŕňa identifikáciu, **hodnotenie a mitigáciu rizík**, ktoré môžu ovplyvniť bezpečnosť, kontinuitu výroby, kvalitu produktov a ekonomickú stabilitu. Moderný prístup využíva viac-kriteriálne rozhodovacie metódy, napr. Best–Worst Method (BWM), ktoré umožňujú systematické hodnotenie projektových a prevádzkových rizík v mliekarenskom priemysle (Darestani, Tadi a Mirzaei, 2020).

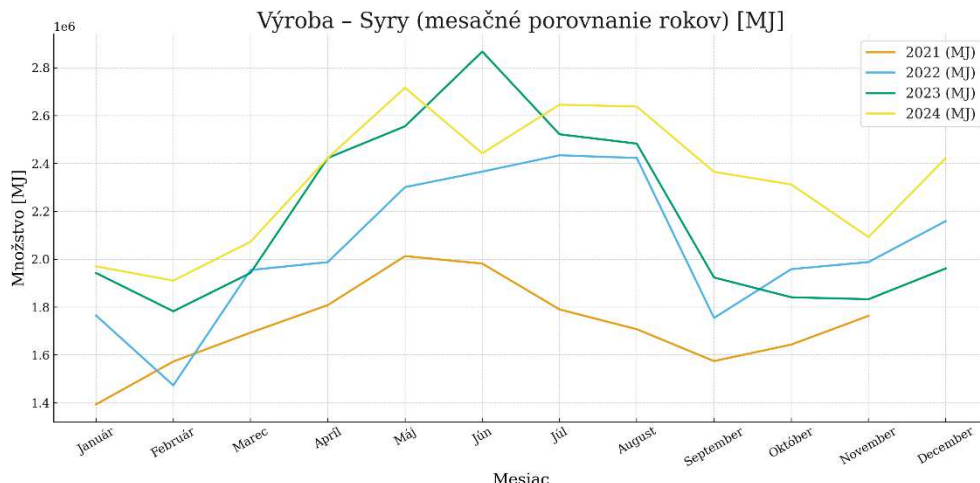
Integrácia rizikových rámcov a **prioritizačných modelov** umožňuje mliekarňam identifikovať najkritickejšie hrozby v dodávateľskom reťazci a efektívne priradiť mitigácie, čím sa zvyšuje odolnosť celého sektora voči výpadkom, kolísaniu kvality suroviny či hygienickým incidentom (Shaker a Shahin, 2025).

Dôležitou súčasťou rozhodovania je **plánovanie výroby** pod neistotou. Optimalizačné modely pomáhajú mliekarenským výrobniam nastavovať produkčné mixy a plánovať zdroje aj v situáciách, keď dochádza k narušeniu dodávok alebo kolísaniu dopytu (Jena a Ray, 2022). Využitie pri planovaní ukazuje graf 4 a 5. Tieto modely znižujú straty, zlepšujú využitie kapacít a podporujú finančnú stabilitu.



**Graf 4: Produkcia mlieka v tonách**

Zdroj: Vytvorené autormi na základe dát podniku



**Graf 5: Podukcia syrov v tonách**

*Zdroj: Vytvorené autormi na základe dát podniku*

Kľúčovým faktorom úspešného risk manažmentu je aj organizačná kultúra — transparentné reportovanie, aktívna komunikácia naprieč jednotlivými fázami a systematické hodnotenie rizík. Výskumy však upozorňujú, že mnohé mliekarenské podniky stále nemajú formálne zavedené rizikové procesy, čo negatívne ovplyvňuje ich pripravenosť na krízové situácie a potravinárske incidenty (Özçetin, 2017).

Systematické riadenie rizík preto predstavuje základný pilier konkurenčnej odolnosti, bezpečnej výroby a udržateľnej prevádzky mliekarenských závodov. Dôsledne riadenie aj za pomoci poukázania dát ako je na grafoch 4 a 5 ukazuje že zber dát vie podniku tak pôct pri tvorbe strategického riadenia, pre úspešné vedenie manažmentu podniku.

## 2.2 Vzdelávanie v digitálnych technológiách ako základ rozvoja pre mliekarenské odvetvie priemyslu

Digitalizácia sa stáva strategickým pilierom rozvoja potravinárskeho priemyslu a mliekarenská výroba predstavuje jeden z odvetvových segmentov, kde jej význam neustále rastie. Moderné technológie od automatizovaných výrobných liniek, cez inteligentné senzory monitorujúce kvalitu surovín a efektivitu procesov, až po pokročilú dátovú analytiku umožňujúcu presné riadenie výroby zásadne menia spôsob fungovania podnikov. Tieto nástroje prinášajú potenciál zvýšiť produktivitu, zlepšiť kvalitu výrobkov, zredukovať straty a optimalizovať energetickú náročnosť prevádzok.

Samotná technická infraštruktúra však nie je postačujúca. Prax ukazuje, že úspešná digitalizačná transformácia stojí predovšetkým na ľudskom kapitáli. Kľúčovými faktormi sú odborné znalosti zamestnancov, ich schopnosť pracovať s novými systémami, porozumieť dátovým výstupom a využívať ich pri rozhodovaní. Digitalizácia zároveň mení charakter pracovných pozícií, zvyšuje nároky na technické zručnosti a vytvára potrebu priebežného vzdelávania či rekvalifikácie.

Bez adekvátne pripraveného, kvalifikovaného a motivovaného personálu sa aj najmodernejšie technológie stávajú len nákladnou investíciou, ktorá negeneruje očakávanú pridanú hodnotu. Podniky, ktoré zanedbajú rozvoj ľudských zdrojov, často nedokážu plne využiť potenciál digitalizácie či už ide o efektívnosť výroby, kontrolu kvality alebo strategické riadenie. Z toho dôvodu je nevyhnutné, aby súčasťou každej digitalizačnej stratégie bola systematická podpora vzdelávania, budovanie kompetencií a zapájanie zamestnancov do transformačných procesov.

Formulácia problému pri proces digitálnej transformácie zásadne formuje vývoj súčasného potravinárskeho sektora, čo si vyžaduje prehodnotenie a úpravu prístupov k riadeniu ľudských zdrojov. Rozvoj automatizovaných výrobných systémov, implementácia umelej inteligencie a práca s veľkoobjemovými dátami zásadne menia profil požadovaných pracovníkov. Odborníci v tomto odvetví už musia disponovať nielen vysokou úrovňou profesijných znalostí a zručností vzdelania, ale aj rozsiahlymi digitálnymi kompetenciami nevyhnutnými pre prácu v modernom technologickom prostredí.



**Obrázok 1: Čo musia ovládať pracovníci v moderných mliekarní**

Zdroj: Babenko, 2024

Aby mohli mliekarenské závody efektívne pracovať s technológiami novej generácie, ich zamestnanci musia ovládať širokú škálu digitálnych a technických kompetencií, ktoré znázorňuje obrázok 1. Nedostatok kvalifikovaných, vzdelaných pracovníkov v týchto oblastiach vedie k tomu, že podniky nedokážu naplno využívať svoje moderné zariadenia, čelia zvýšenému počtu prestojov a nedostatočnej údržbe digitálnych systémov. To následne znižuje celkovú produktivitu, zvyšuje prevádzkové náklady a oslabuje konkurencieschopnosť podnikov na domácom aj medzinárodnom trhu.

V potravinárskom priemysle sa pracovníci čoraz častejšie stretávajú s modernými digitálnymi nástrojmi a technológiami, ktoré zásadným spôsobom menia charakter ich pracovných úloh. Do každodenných procesov vstupujú riešenia ako internet vecí, ktorý umožňuje online monitorovanie výrobných parametrov, robotické linky zabezpečujúce automatizovanú manipuláciu a spracovanie surovín či blockchainové systémy určené na presné sledovanie toku materiálu a logistických operácií. Tieto technológie kladú nové nároky na kvalifikáciu zamestnancov, ktorí musia ovládať nielen tradičné odborné procesy, ale aj digitálne kompetencie potrebné na obsluhu, kontrolu a interpretáciu údajov z moderných systémov.

Aby podniky dokázali zvýšiť svoju konkurencieschopnosť v prostredí digitalizovanej ekonomiky, je potrebné, aby úroveň vzdelania, odbornosti a technologickej pripravenosti zamestnancov zodpovedala požiadavkám súčasných výrobných trendov. V súčasnosti však podniky čelia viacerým zásadným problémom. Medzi najvýznamnejšie patria nedostatočné znalosti absolventov v oblasti automatizácie a digitálnych technológií, obmedzená schopnosť prispôbiť sa práci s modernými výrobnými systémami či celkový nesúlad medzi obsahom vzdelávacích programov a reálnymi požiadavkami priemyselnej praxe. Tento rozdiel medzi

teoretickou prípravou a praktickými potrebami spôsobuje, že podniky musia investovať značné zdroje do dodatočného zaškolenia nových pracovníkov. (Abate a spol., 2021)

Ďalším problémom je nedostatočné zapojenie pracujúcich špecialistov do ďalšieho vzdelávania. Mnohí zamestnanci nemajú prístup k moderným vzdelávacím programom alebo im chýba čas a organizačná podpora na to, aby svoje digitálne zručnosti priebežne rozvíjali. Situáciu zhoršuje aj slabá úroveň spolupráce medzi potravinárskymi podnikmi a vysokými školami či odbornými inštitúciami, ktorá brzdí koordinovaný rozvoj vzdelávacích štandardov reflektujúcich technologický pokrok.

K prekonaniu týchto výziev sa odporúča zavádzať systémy duálneho vzdelávania, ktoré prepájajú štúdium s praxou priamo vo výrobných prevádzkach, ako aj tvorbu moderných vzdelávacích modulov orientovaných na automatizáciu, robotiku a digitálne riadenie procesov. Dôležitou súčasťou riešenia je aj posilnenie partnerstiev medzi podnikmi a školami, spoločné vytváranie študijných programov či priebežná aktualizácia obsahu vzdelávania podľa potrieb praxe.

Analýza najnovších výskumov a dostupnej odbornej literatúry zároveň ukazuje, že nedostatočná koordinácia medzi vzdelávacími inštitúciami a výrobnými podnikmi predstavuje jeden z hlavných faktorov brániacich efektívnemu pripravovaniu odborníkov schopných pracovať v digitalizovanom priemyselnom prostredí. (Babenko, 2024)

## 2.2 Analýza personálnych problémov na základe vzdelania v podnikoch potravinárskeho priemyslu

Cieľom tohto výskumu je preskúmať aktuálne problémy týkajúce sa vzdelávania a obsadzovania pracovných pozícií v potravinárskom priemysle a identifikovať perspektívne stratégie, ktoré umožnia prispôsobiť kvalifikáciu odborníkov požiadavkám digitalizácie a automatizácie výrobných procesov.

Digitalizácia výrobných procesov v potravinárskych podnikoch prinášajú potrebu nových prístupov k personálnemu obsadeniu, vzdelaných zamestnancov. Tabuľka 2 predstavuje prehľad problémov s obsadzovaním pracovných pozícií v digitálnej ekonomike a ukazuje oblasti, kde je potrebné zlepšiť vzdelávanie a kvalifikáciu zamestnancov.

**Tabuľka 2: Analýza personálnych problémov v podnikoch potravinárskeho priemyslu**

Problém	Dôvod problému
<b>Nedostatok kvalifikovaného personálu</b>	Malý počet vysokých škôl ponúka špecializované vzdelávacie programy na prípravu personálu pre potravinárske podniky a rozvoj kompetencií v oblasti potravinárskej technológie.
<b>Nízka úroveň digitálnej gramotnosti</b>	Zložitosť mechanizmov na implementáciu digitálnych technológií na prácu s moderným vybavením v potravinárskych podnikoch.
<b>Rozdiely medzi obsahom vzdelávacích programov a požiadavkami zamestnávateľov</b>	Nedostatok praktických skúseností s digitálnymi technológiami a zosúladenie vzdelávacích programov s technologickými zmenami v podnikoch
<b>Problémy prispôsobovania profesionálneho vzdelávania</b>	Vznik rekvalifikácie personálu na prácu so systémami umelej inteligencie s prihliadnutím na princípy digitálnej ekonomiky.

Zdroj: Pan, S. a spol, 2024

V mliekarenskom priemysle sa digitalizácia a automatizácia výrobných procesov stávajú kľúčovými faktormi konkurencieschopnosti podnikov. S týmto trendom sa však spájajú výrazné personálne výzvy, ktoré ovplyvňujú schopnosť podnikov efektívne fungovať v digitálnom prostredí. Jedným z hlavných problémov je nedostatok kvalifikovaného personálu pripraveného na prácu s modernými výrobnými technológiami a digitálnymi systémami. Tento nedostatok sa prejavuje najmä pri obsluhu automatizovaných liniek, práci so softvérom pre riadenie výroby či pri využívaní analytických nástrojov na monitorovanie procesov. (Pan, S. a spol, 2024)

Problémom je tiež nízka úroveň digitálnej gramotnosti zamestnancov. Mnohí pracovníci nemajú dostatočné zručnosti pri práci s digitálnymi nástrojmi, čo vedie k obmedzeniam v efektívnom využívaní nových technológií, zvyšuje riziko prestojov a sťažuje integráciu moderných systémov do každodenných procesov. Ďalšou výzvou je nesúlad medzi obsahom vzdelávacích programov a skutočnými požiadavkami podnikov. Tradičné vzdelávacie kurzy často neodrážajú rýchlo sa meniace technologické potreby mliekarenských prevádzok, čo vytvára medzeru medzi teoretickou prípravou a praktickými kompetenciami potrebnými pre prácu v digitalizovanom prostredí.

Problémy s prispôsobovaním profesionálneho vzdelávania sú navyše spôsobené aj obmedzenou ponukou špecializovaných programov. Len malý počet vysokých škôl poskytuje štúdium zamerané na potravinársku technológiu a rozvoj odborných kompetencií potrebných pre digitalizovanú výrobu. Zavádzanie digitálnych technológií do praxe si vyžaduje komplexné mechanizmy a praktické skúsenosti, ktoré sú často nedostatočne pokryté existujúcimi vzdelávacími programami. To vedie k potrebe systematickej rekvalifikácie personálu, najmä pri práci so systémami umelej inteligencie a inými modernými digitálnymi riešeniami, ktoré sú súčasťou princípov digitálnej ekonomiky.

Výsledkom týchto problémov je nielen znížená efektívnosť výroby a vyššie prevádzkové náklady, ale aj oslabená konkurencieschopnosť podnikov na domácom i medzinárodnom trhu. Preto je nevyhnutné, aby vzdelávacie a rekvalifikačné programy boli flexibilné, priebežne aktualizované a úzko prepojené s potrebami praxe. Podniky by mali aktívne spolupracovať so vzdelávacími inštitúciami, implementovať duálne vzdelávacie modely a podporovať rozvoj digitálnych kompetencií zamestnancov, čím sa zabezpečí, že personál bude schopný efektívne pracovať s modernými technológiami a prispievať k celkovej produktivite a inovačnej schopnosti mliekarenského sektora. (Hassoun A. a spol. 2023)

### 2.2.1 Prečo je vzdelanie v mliekarenskom priemysle kľúčové

Digitalizácia mliekarenských podnikov otvára nové možnosti zvyšovania efektivity, kvality produktov a konkurencieschopnosti, no sama o sebe nie je zárukou úspechu. Moderné výrobné linky, inteligentné senzory, robotické systémy a analytické softvéry dokážu naplno fungovať iba v rukách kvalifikovaných pracovníkov, ktorí rozumejú ich princípom, vedia ich správne obsluhovať a dokážu reagovať na neočakávané situácie. Bez odborníkov sa digitalizácia mení z potenciálneho nástroja rastu na drahú investíciu, ktorá neprináša očakávané výsledky. Na obrázku 2, môžeme vidieť tri hlavne aspekty dôležitosťi vzdelanie v mliekarenskom priemysle.



Obrázok 2: Prečo je vzdelanie v mliekarenskom priemysle, kľúčové

*Zdroj: Abate a spol., 2021*

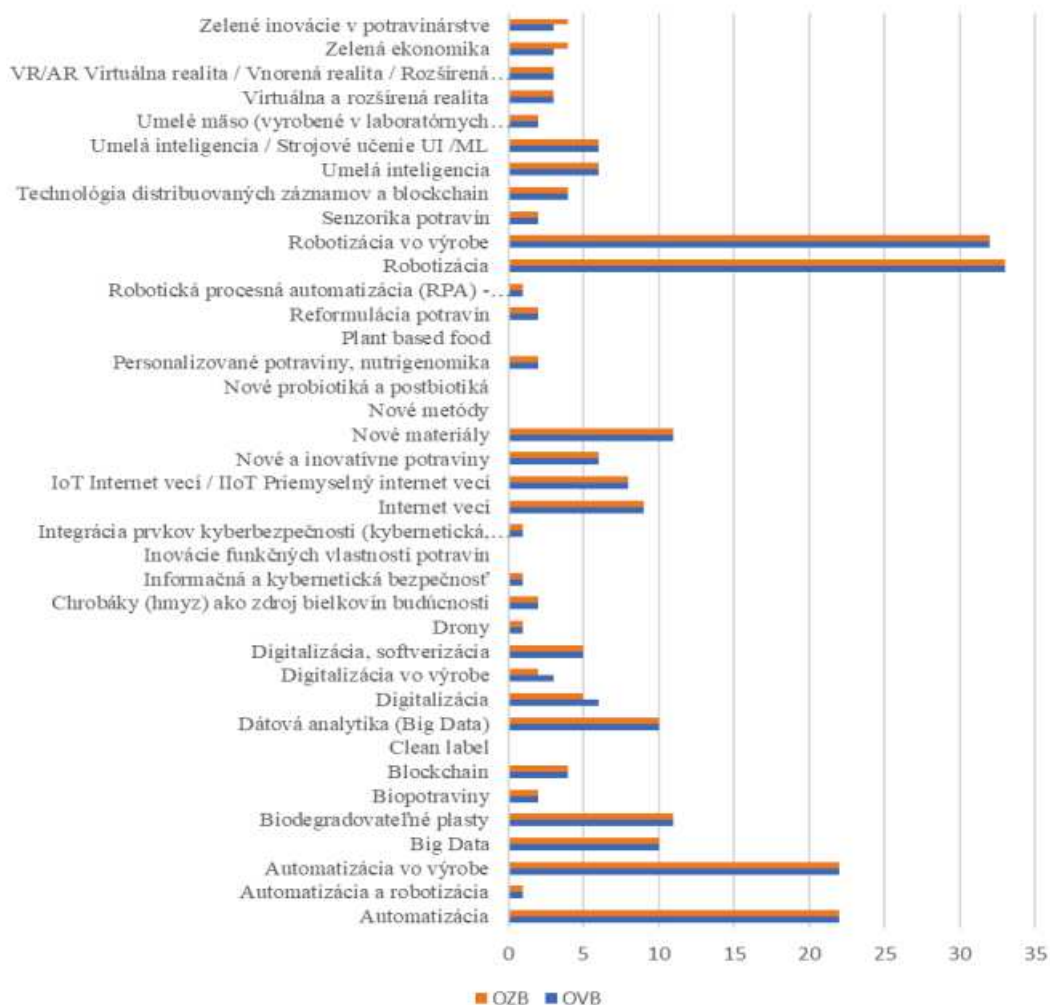
Nedostatok kvalifikovaného personálu má okamžitý dopad na každodenný chod podniku. Pokročilé zariadenia vyžadujú pravidelnú údržbu, kalibráciu a monitorovanie, aby fungovali spoľahlivo. Ak tieto činnosti nevykonávajú odborníci, riziko porúch, prestojov a strát prudko rastie, čo vedie k finančným škodám, zníženiu efektivity výroby a ohrozeniu kvality produktov. (Abate a spol., 2021)

Vzdelanie zamestnancov pritom priamo ovplyvňuje aj schopnosť podniku držať krok s konkurenciou. Firmy, ktoré dokážu efektívne využívať digitálne nástroje a nové technológie, dokážu flexibilne reagovať na zmeny trhu, optimalizovať výrobné náklady a minimalizovať straty. Naopak podnikom s nedostatočne kvalifikovaným personálom hrozí, že zaostanú, stratia tempo a vytratia sa z konkurenčného prostredia.

Vzdelávanie a neustále zvyšovanie kvalifikácie preto nie je len doplnkom výroby, ale základnou podmienkou úspešnej digitalizácie. Len dobre pripravení pracovníci dokážu zabezpečiť, aby moderné technológie prinášali skutočný prínos, podporovali inovácie, zvyšovali kvalitu produktov a umožňovali podniku nielen prežiť, ale aj rásť v dynamickom konkurenčnom prostredí.

### **2.2.2 Požiadavky na budúce odborné vedomosti a zručnosti zamestnancov**

Graf 6 znázorňuje horizontálny stĺpcový graf, ktorý porovnáva očakávané budúce odborné vedomosti modrá farba a budúce odborné zručnosti oranžová farba potrebné u zamestnancov v rôznych technologických, priemyselných a potravinárskych oblastiach. Každá sledovaná oblasť má dvojicu stĺpcov, ktoré ukazujú, do akej miery bude dôležité mať v budúcnosti teoretické znalosti alebo praktické schopnosti.



**Graf 6: Požiadavky na budúce odborné vedomosti a zručnosti zamestnancov**

*Zdroj: Štatistický Úrad Slovenskej Republiky 2025*

Z grafu 6 jasne vyplýva, že najväčší dôraz sa bude klásť na robotizáciu, automatizáciu a moderné výrobné procesy. V týchto oblastiach sú stĺpce najdlhšie, čo poukazuje na vysoký očakávaný dopyt po zamestnancoch, ktorí budú ovládať technológie novej generácie. Výrazné zastúpenie majú aj oblasti ako nové materiály, biodegradovateľné plasty, nové a inovatívne potraviny či technologické inovácie vo výrobe potravín.

Významná časť grafu však zdôrazňuje aj potrebu digitálnych kompetencií. Oblasti ako umelá inteligencia, dátová analytika (Big Data), digitalizácia, kybernetická bezpečnosť a Internet vecí (IoT) majú vysoké hodnoty najmä v kategórii odborných vedomostí. To znamená, že pracovný trh bude čoraz viac vyžadovať zamestnancov, ktorí rozumejú digitálnym technológiám, dokážu s nimi pracovať a chápu ich fungovanie.

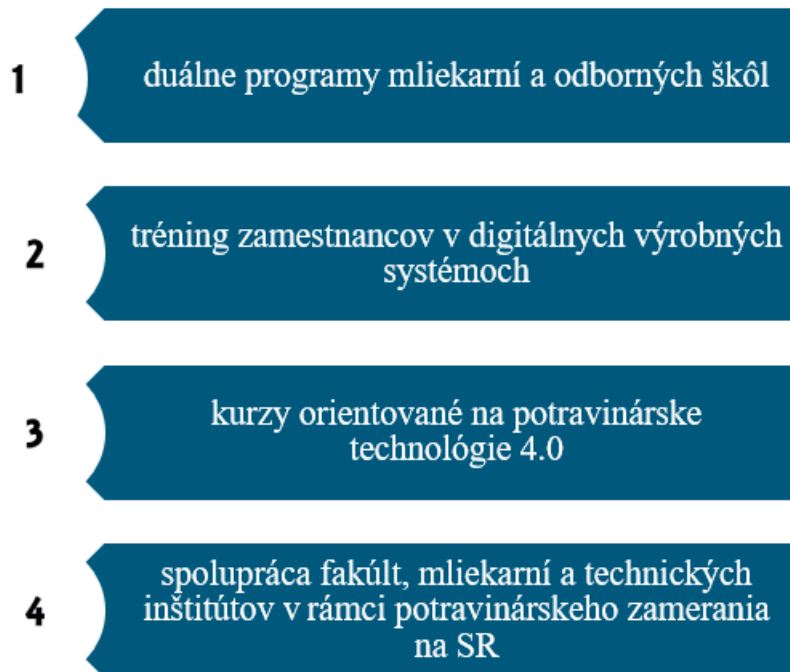
Práve z tohto dôvodu je vzdelanie v oblasti digitalizácie mimoriadne dôležité. Digitalizácia nepredstavuje len doplnkovú schopnosť stáva sa základným pilierom budúcej pracovnej kvalifikácie v takmer každom odvetví. Firmy potrebujú ľudí, ktorí zvládnu pracovať s dátami, porozumieť digitálnym procesom, implementovať automatizované systémy a reagovať na rýchly technologický vývoj.

Obrázok zároveň ukazuje, že niektoré oblasti, ako napríklad zelená ekonomika alebo alternatívne zdroje bielkovín napríklad hmyz, síce zaznamenávajú menší dopyt, avšak stále sú súčasťou trendov, ktoré môžu v budúcnosti rásť.

Celkovo graf potvrdzuje, že budúcnosť pracovného trhu bude silne prepojená s digitalizáciou, technologickými znalosťami, schopnosťou pracovať s modernými systémami a s adaptáciou na nové inovačné trendy.

### 2.2.3 Ako by malo prebiehať vzdelávanie v mliekarenskom priemysle

Vzdelávanie v modernom mliekarenskom priemysle by malo byť systematické, prakticky orientované a úzko prepojené s reálnou výrobou. Aby mohli pracovníci efektívne využívať digitalizované technológie a nové výrobné systémy, je potrebné vytvoriť komplexný vzdelávací model, ktorý kombinuje teóriu s praxou.



Obrázok 3: Ako by malo prebiehať vzdelávanie v mliekarenskom priemysle

Zdroj: Usman a spol., 2024

Prvým krokom obrázok 3 sú duálne programy vytvorené v spolupráci mliekarní a odborných škôl. Študenti získavajú teoretické poznatky na škole a zároveň praktické skúsenosti priamo v podniku. Tento model umožňuje, aby sa mladí odborníci už počas štúdia zoznámili s modernými výrobnými linkami, riadiacimi softvérmi a technológiami, ktoré sa v mliekarniach používajú.

Druhým krokom je tréning zamestnancov v digitálnych výrobných systémoch. Aj skúsení pracovníci potrebujú pravidelné školenia, ktoré im umožnia obsluhovať automatizované linky, využívať senzory, analyzovať dáta a riešiť bežné aj zložité prevádzkové situácie. Takýto tréning zabezpečuje, že investície do technológií budú efektívne a že personál dokáže predchádzať prestojom či poruchám.

Tretím krokom sú špecializované kurzy orientované na potravinárske technológie 4.0, ktoré poskytujú hlbšie odborné znalosti z oblastí ako bezpečnosť potravín v digitálnom prostredí, sensorické technológie, robotika alebo základné princípy umelej inteligencie. Kurzy môžu byť organizované vo forme workshopov, online modulov alebo krátkodobých intenzívnych programov a umožňujú pracovníkom prispôbiť sa novým trendom a požiadavkám trhu.

Štvrtým krokom je úzka spolupráca fakúlt, mliekarní a technických inštitútov v rámci potravinárskeho zamerania na Slovensku. Takáto spolupráca umožňuje nielen výmenu poznatkov a skúseností, ale aj spoločný vývoj inovatívnych projektov, testovanie nových

technológií a zabezpečenie kontinuálneho prepojenia medzi vzdelávaním a praxou. Fakulty poskytujú vedecké a analytické zázemie, technické inštitúty prinášajú know-how v oblasti automatizácie a softvérových riešení a mliekarene zabezpečujú reálne podmienky pre aplikáciu získaných zručností. (Usman a spol., 2024)

Takto koncipované vzdelávanie vytvára systém, v ktorom sa teória a prax vzájomne dopĺňajú, a zabezpečuje, že pracovníci mliekarní sú pripravení efektívne využívať digitálne technológie, inovovať produkty a prispievať k dlhodobému rastu a konkurencieschopnosti podniku.

### **2.3 Príležitosti pre mliekarenské podniky ako aspekt kvalifikovania procesných schopností pracovníkov pre daný sektor**

Digitalizácia predstavuje pre mliekarenský priemysel významnú príležitosť na transformáciu výrobných, obchodných a organizačných procesov. Moderné technológie umožňujú podnikom zvyšovať efektivitu, inovovať produkty, znižovať náklady a presnejšie reagovať na požiadavky trhu.

Jednou z kľúčových oblastí, kde digitalizácia prináša hodnotu, sú produktové inovácie. Pokročilé analytické nástroje a výrobnotechnologické systémy umožňujú optimalizovať receptúry a vyvíjať nové kategórie produktov, ako sú A2 mlieko, výrobky s vysokým obsahom bielkovín, funkčné fermentované nápoje alebo produkty prispôbené špecifickým nutričným potrebám spotrebiteľov. Digitálne simulácie a testovanie receptúr skracujú čas vývoja nových produktov a znižujú náklady spojené s experimentálnou výrobou.

Ďalšou príležitosťou je znižovanie nákladov a stratovosti výroby. Inteligentné senzory, IoT zariadenia a automatizované linky umožňujú podrobné monitorovanie výrobných procesov, identifikáciu neefektívnych postupov a minimalizáciu prestojov. Pokročilá dátová analytika pritom predvída poruchy zariadení, optimalizuje údržbu a umožňuje efektívnejšie hospodárenie so surovinami, čím sa znižujú prevádzkové náklady a plytvanie materiálom.

Digitalizácia tiež významne zlepšuje sledovateľnosť a analytiku trhu. Moderné informačné systémy umožňujú analyzovať správanie spotrebiteľov, monitorovať trendy v dopyte a optimalizovať distribučné kanály. Transparentnosť dát podporuje plánovanie výroby, kontrolu kvality a dodržiavanie legislatívnych požiadaviek, čím sa zvyšuje dôvera zákazníkov a schopnosť podniku flexibilne reagovať na trh. (Zheng a spol., 2021)

Veľkou príležitosťou je vzdelávanie a rozvoj ľudských zdrojov. Digitalizácia a automatizácia vyžadujú nové kompetencie zamestnancov, ako je digitálna gramotnosť, práca s analytickými nástrojmi, ovládanie automatizovaných výrobných liniek a schopnosť využívať dáta a systémy umelej inteligencie pri riadení výroby. Podniky môžu túto príležitosť využiť prostredníctvom:

Rozvoj kompetencií zamestnancov je možné zabezpečiť prostredníctvom kontinuálneho odborného vzdelávania, ktoré zahŕňa pravidelné školenia zamerané na nové technológie, softvér a analytické nástroje. Dôležitú úlohu zohráva aj duálne vzdelávanie založené na spolupráci s vysokými školami a odbornými inštitúciami, v rámci ktorého študenti získavajú nielen teoretické poznatky, ale aj praktické skúsenosti priamo vo výrobných prevádzkach. Súčasťou rozvoja ľudských zdrojov sú aj rekvalifikačné programy, ktoré pripravujú zamestnancov na prácu s umelou inteligenciou, IoT systémami a digitálnymi výrobnologickými nástrojmi. Efektívnym nástrojom vzdelávania sú taktiež online kurzy a e-learning, ktoré umožňujú flexibilné získavanie digitálnych kompetencií, znalostí v oblasti bezpečnosti dát a nových výrobných procesov. Významnú podporu poskytujú aj interné mentoringové programy, v rámci ktorých skúsení zamestnanci usmerňujú nováčikov pri osvojovaní digitálnych zručností a optimalizácii práce s modernými technológiami (Huang, X. a spol., 2021).

Nakoniec, digitalizácia podporuje transformáciu organizačnej štruktúry podnikov. Integrácia digitálnych riešení umožňuje lepšiu spoluprácu medzi oddeleniami, agilné riadenie procesov a efektívnejšie využitie údajov. Podniky, ktoré kombinujú technologické investície s rozvojom zručností zamestnancov, získavajú konkurenčnú výhodu, zvyšujú flexibilitu a schopnosť rýchlo reagovať na technologické inovácie a meniace sa požiadavky spotrebiteľov.

## 2.4 Analýza dopadov digitalizácie na mliekarenský priemysel

Digitalizácia v mliekarenskom priemysle zasahuje prakticky všetky fázy výroby, čo spôsobuje, že charakter práce aj požiadavky na zamestnancov sa menia komplexným a systémovým spôsobom. V tradičnej mliekarenskej výrobe prebiehalo mnoho činností manuálne, najmä pri obsluhu strojov, manipulácii so surovinami alebo pri kontrole kvality. Moderné výrobné linky však tieto procesy postupne automatizujú, takže úlohou pracovníkov už nie je vykonávať jednotlivé operácie, ale skôr monitorovať správny chod technológií, nastavovať parametre výroby a reagovať na odchýlky prostredníctvom digitálnych nástrojov. Tento vývoj spôsobuje znižovanie dopytu po nízkokvalifikovaných pracovných miestach, najmä operátorov výrobných liniek alebo pomocných pracovníkov, pretože ich manuálne činnosti sú nahradzované robotickými manipulátormi, automatizovanými tankami, dopravníkovými systémami či inteligentnými senzormi.

Súčasne rastie potreba pracovníkov, ktorí rozumejú digitálnym technológiám a dokážu ich využívať pri každodennom riadení výroby. Mliekarne preto hľadajú ľudí so schopnosťou pracovať s riadiacimi systémami typu SCADA a MES, interpretovať údaje získané zo senzorov a čidiel, vykonávať diagnostiku porúch a podieľať sa na optimalizácii procesov na základe dát. To znamená, že pozície, ktoré sa v minulosti považovali za čisto technické alebo fyzické, sa postupne menia na profesie s vysokými nárokmi na digitálne a analytické zručnosti.

Výraznou oblasťou transformácie je aj údržba výrobných zariadení. Údržbár v dnešnej mliekarni už nepracuje len s mechanickými nástrojmi, ale musí ovládať softvérové platformy, ktoré monitorujú stav strojov, využívajú prediktívnu diagnostiku a upozorňujú na blížiaci sa poruchy. Aj preto sa údržba mení z reaktívneho opravovania na kontinuálne sledovanie technologických parametrov, čím rastie dôležitosť IT znalostí a pochopenia princípov automatizácie. (Ziętara, W. a spol., 2024)

Dopady digitalizácie sú viditeľné aj v oblasti kvality a bezpečnosti potravín. Automatizované systémy dokážu udržiavať konzistentné hygienické podmienky, minimalizovať odchýlky vo výrobe a generovať presné dáta, ktoré znižujú riziko ľudskej chyby. Vďaka tomu sa zvyšuje stabilita kvality výrobkov, skraca sa čas nutný na kontrolu a zároveň sa zlepšuje sledovateľnosť surovín a výrobkov.

Z týchto zmien vyplýva, že mliekarenský priemysel bude musieť v najbližších rokoch intenzívne investovať do vzdelávania svojich zamestnancov. Rekvalifikácia pracovníkov, ktorí dnes pracujú na rutinných pozíciách, bude nevyhnutná, aby dokázali prejsť na technologicky náročnejšie pracovné roly. Zároveň bude dôležité, aby mliekarenské podniky spolupracovali so strednými odbornými školami, univerzitami a vzdelávacími inštitúciami pri príprave nových študijných programov zameraných na automatizáciu, dátovú analytiku, digitálne riadenie procesov a moderné technológie výroby potravín. Digitalizácia tak nepredstavuje len technologickú výzvu, ale predovšetkým výzvu vzdelávaciu, pretože budúca konkurencieschopnosť mliekarenskeho odvetvia bude závisieť od kvalifikovaných pracovníkov schopných efektívne pracovať v digitálne transformovanom výrobnom prostredí.

## ZÁVER

Digitalizácia a automatizácia predstavujú jeden z najvýznamnejších transformačných trendov v mliekarenskom priemysle, ktorý zásadným spôsobom ovplyvňuje výrobu, logistiku, kontrolu kvality aj personálne procesy. Výsledky analýzy ukázali, že najväčší vplyv technologických zmien sa prejavuje na pracovných pozíciách s vysokým podielom rutinných, manuálnych a opakovateľných činností, najmä v oblasti obsluhy výrobných liniek, balenia a základnej technickej údržby. Tieto profesie nebudú úplne zaniknúť, ale ich pracovná náplň sa presunie smerom k dohľadu nad automatizovanými systémami, práci s dátami a kontrole kvalitatívnych parametrov v reálnom čase. Tento trend potvrdzujú aj autori ako Malik, Gahlawat a Mor (2023) či Akin et al. (2022), ktorí upozorňujú, že prechod na Priemysel 4.0 mení charakter práce operátorov aj technikov.

Zároveň sa ukázalo, že kritickým faktorom úspešnej digitalizácie transformácie nie sú samotné technológie, ale úroveň pripravenosti ľudského kapitálu. Nedostatok kvalifikovaných pracovníkov, slabá digitálna gramotnosť a nesúlad medzi vzdelávacími programami a požiadavkami praxe patria medzi najzásadnejšie bariéry, ktoré bránia mliekarenským podnikom efektívne implementovať moderné technológie. Túto skutočnosť podčiarkujú aj Goller, Caruso a Harteis (2021), ktorí upozorňujú na meniaci sa sociálny status pracovníkov v digitalizovanom poľnohospodárstve, ako aj Abate et al. (2021), ktorí poukazujú na deficit v príprave odborníkov v potravinárstve.

Záver výskumu jednoznačne potvrdzuje, že digitalizácia predstavuje nielen technologickú, ale najmä vzdelávaciu výzvu. Mliekarenské podniky sa bez systematického vzdelávania zamestnancov, rekvalifikácie a spolupráce s vysokými školami nedokážu adaptovať na požiadavky Priemyslu 4.0. Duálne vzdelávanie, špecializované kurzy zamerané na automatizáciu, IoT, robotiku či dátovú analytiku, ako aj prepojenie akademického sektora s podnikmi sú nevyhnutnými nástrojmi pre budovanie moderného odborného personálu. Význam dátového riadenia výroby potvrdzujú aj autori ako Cabrera et al. (2025), Obaidat et al. (2025) či Lutoslawski (2021), ktorí zdôrazňujú prínos prediktívnej analytiky pre optimalizáciu kapacít a plánovania výroby.

Súčasná digitálna transformácia zároveň vytvára nové príležitosti pre mliekarenské podniky od produktových inovácií napríklad A2 mlieko, vysoko proteínové výrobky, cez optimalizáciu energetickej náročnosti až po zlepšenie vy sledovateľností pomocou blockchainu. Podniky, ktoré tieto príležitosti využijú a zároveň investujú do tréningu svojich pracovníkov, môžu dosiahnuť vyššiu efektívnosť, stabilitu kvality, nižšie náklady a výraznú konkurenčnú výhodu na domácom aj medzinárodnom trhu.

Na základe získaných výsledkov je možné konštatovať, že udržateľná digitalizácia mliekarenskeho sektora si vyžaduje komplexný prístup kombinujúci technologické inovácie, strategické riadenie, investície do ľudského kapitálu a moderné vzdelávacie systémy. Iba tak môžu podniky naplno využiť potenciál moderných inteligentných technológií a posilniť svoju odolnosť v čoraz náročnejšom konkurenčnom prostredí.

## ANOTÁCIA

Tento článok bol pripravený v rámci podujatia Slovenská technická univerzita v Bratislave, Ústav manažmentu, Medzinárodné vedecké kolokvium 2.12.2025, konaného v Bratislave, so zameraním na tému Synergia technického a ekonomického myslenia vo vysokoškolskom vzdelávaní. Realizácia výskumu a príprava článku bola finančne podporená projektom KEGA č. 028STU-4/2025 – Atribúty integrácie vzdelávania na vysokých školách zamerané na rozvoj znalostí a zručností technicky orientovaného študenta reflektujúce požiadavky 21. storočia. Poskytovateľ finančnej podpory sa nepodieľal na navrhovaní štúdie, zbere, analýze a

interpretácii údajov, ani na písaní rukopisu či rozhodovaní o predložení článku na uverejnenie. Autor plne zodpovedá za obsah a závery uvedené v publikácii.

## VYHLÁSENIE O GENERATÍVNEJ UMELEJ INTELIGENCII

Vyhlasujem, že pri spracovaní tohto príspevku sme využil generatívne nástroje umelej inteligencie, konkrétne ChatGPT a Research Assistant, výhradne na jazykovú korekciu textu, formálne úpravy, štylistické prepisy a pomoc pri vyhľadávaní relevantných odborných zdrojov.

Generatívna umelá inteligencia nebola použitá na tvorbu originálneho vedeckého obsahu, generovanie výsledkov, analýzu dát ani formulovanie odborných záverov. Všetky použité zdroje boli nami následne samostatne overené, vyhodnotené a doplnené podľa akademických štandardov.

Ako autori plne zodpovedáme za odborný obsah, správnosť interpretácií, metodické postupy aj konečné závery príspevku.

## LITERATÚRA

- Abate, A., Cascone, L., Nappi, M., Narducci, F., & Passero, I. ATTENTION. Monitoring for synchronous distance learning. *Future Generation Computer Systems*, 2021, vol. 125, DOI: 10.1016/j.future.2021.07.026.
- Akin, A. C.; Arikian, M. S.; Polat, M.; Mat, B.; Çevrimli, M. B.; Demirsöz, M.; Tekindal, M. A. Technological innovations in dairy-related food processing. *Food Science and Technology*, 2022, vol. 42, article e125821. DOI: 10.1590/fst.125821.
- Babenco, D. et al. Implementation of the Blended Learning Approach in the Conditions of the Learning Management System of the Higher Education Institution. *Modern Economics*, 2024, 6-vol. 13. DOI:10.31521/modecon.V44(2024)-0.
- Baldin, M.; Bewley, J. M.; ...; Weyers, J. Standardization for data generation and collection in the dairy industry: Addressing challenges and charting a path forward. *Animals*, 2025, vol. 15, no. 2. DOI: 10.3390/ani15020250.
- Buescher, W. Digital assistance systems in dairy farming. *Züchtungskunde*, 2023.
- Butler, D.; Holloway, L. Technology and restructuring the social field of dairy farming: Hybrid capitals, 'stockmanship' and automatic milking systems. *Sociologia Ruralis*, 2016. DOI: 10.1111/soru.12103.
- Cabrera, V. E.; Bewley, J.; ...; Sullivan, M. Data integration and analytics in the dairy industry: Challenges and pathways forward. *Animals*, 2025, vol. 15, no. 3. DOI: 10.3390/ani15030329.
- Cherednichenko, O.; Pashchenko, O. Dairy production and resource efficiency. *Agricultural and Resource Economics – International Scientific E-Journal*, 2018, vol. 4, no. 1, p. 162–173.
- Ciasullo, M. V.; Ferrara, M.; Lim, W. M. Dynamic capabilities and data-driven culture for digital transformation: Evidence from agri-food SMEs. *British Food Journal*, 2025. DOI: 10.1108/BFJ-02-2025-0119.
- Comari, S.; Di Leva, R.; Rea, D. Mobile cobots for autonomous feeding of raw materials to automatic packaging machines. *Journal of Manufacturing Systems*, 2022, vol. 64, p. 211–224. DOI: 10.1016/j.jmsy.2022.06.007.
- Darestani, S. A.; Tadi, A. M.; Mirzaei, S. Evaluation of Projects Risks for Dairy Industry Using Best-Worst Multi-criteria Decision-Making. 2020 IEEE 7th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA), 2020, s. 1110–1115. DOI: 10.1109/ICIEA49774.2020.9102001.

- Darestani, S. A.; Tadi, A. M.; Mirzaei, S. Evaluation of Projects Risks for Dairy Industry Using Best-Worst Multi-criteria Decision-Making. In: 2020 IEEE 7th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA). 2020, s. 1110–1115. DOI: 10.1109/ICIEA49774.2020.9102001.
- Goller, M.; Caruso, C.; Harteis, C. Digitalisation in agriculture: Knowledge and learning requirements of German dairy farmers. *International Journal for Research in Vocational Education and Training*, 2021. DOI: 10.13152/IJRVET.8.2.4.
- Gottschall, S.; Murček, R.; Städtler, S.; Mauermann, M. System for automated monitoring of local soil removal during cleaning in closed food processing lines with a quartz crystal sensor. *Heat and Mass Transfer*, 2024, vol. 60, no. 5, p. 897–904. DOI: 10.1007/s00231-023-03389-1.
- Hassoun, A., Garcia-Garcia, G., Trollman, H., Jagtap, S., Parra-López, C., Crobotova, J., Bhat, Z., Centobelli, P., & Aït-Kaddour, A. (2023). Birth of dairy 4.0. Opportunities and challenges in adoption of fourth industrial revolution technologies in the production of milk and its derivatives. *Current Research in Food Science*, 7, 100535. DOI:10.1016/j.crfs.2023.100535.
- Huang, X. L.; Shi, Y.; Tesák, L. N. Sustainability practices in dairy production. *Journal of Cleaner Production*, 2021, vol. 309. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.127343.
- Jena, D. a Ray, P. Production planning decision of a dairy under supply disruption and demand uncertainty. *Journal of Modelling in Management*. 2022, 17(1), s. 256–271. DOI: 10.1108/JM2-01-2020-0028.
- Jena, D.; Ray, P. Production planning decision of a dairy under supply disruption and demand uncertainty. *Journal of Modelling in Management*, 2022, 17(1), s. 256–271. DOI: 10.1108/JM2-01-2020-0028.
- Karthikeyan, B.; Kumar, G. P. Energy-efficient technologies in dairy production. *Energy Conversion and Management*, 2023, vol. 295. DOI: 10.1016/j.enconman.2023.117645.
- Khanashyam, A. C.; Jagtap, S.; ...; Nirmal, N. Applications of artificial intelligence in the dairy industry: From farm to product development. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2025, vol. 238. DOI: 10.1016/j.compag.2025.110879.
- Khanna, A.; Jain, S.; Burgio, A.; Bolshev, V.; Panchenko, V. Blockchain-enabled supply chain platform for Indian dairy industry: Safety and traceability. *Foods*, 2022, vol. 11, no. 17, article 2716. DOI: 10.3390/foods11172716.
- Klasifikácia zamestnaní ISCO SK. Klasifikácia zamestnaní ISCO SK. 2025. [online]. [citované 2025-11-10]. Dostupné na: <https://isco.klasifikacia.sk/>
- Kozina, A. M.; Semkiv, L. P. Sustainable development of dairy farming through the use of digital technologies. *Biotechnology in the Agro-Industrial Complex and Sustainable Environmental Management*, 2020. DOI: 10.1088/1755-1315/613/1/012061.
- Kuneš, R.; Bartoš, P.; Kernerová, N. In-line technologies for the analysis of important milk parameters during the milking process: A review. *Agriculture*, 2021, vol. 11, no. 3. DOI: 10.3390/agriculture11030239.
- Kyaw, K. S.; Adegoke, S. C.; Onyeaka, H. Toward in-process technology-aided automation for enhanced microbial food safety and quality assurance in milk and beverages processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2024, vol. 64, no. 6, p. 1715–1735. DOI: 10.1080/10408398.2022.2118660.
- Malik, M.; Gahlawat, V. K.; Mor, R. S. Digital interoperability and transformation using Industry 4.0 technologies in the dairy industry: An SLR and bibliometric analysis. *LogForum*, 2023. DOI: 10.17270/J.LOG.2023.869.

- Nurakhova, B.; Ilyashova, G.; Torekulova, U. Quality control in dairy supply chain management. *Polish Journal of Management Studies*, 2020, vol. 21, no. 1, p. 236–250. DOI: 10.17512/pjms.2020.21.1.18.
- Olajide Ojo, O.; Shah, S.; Coutroubis, A.; Torres Jiménez, M.; Munoz Ocana, Y. Potential Impact of Industry 4.0 in Sustainable Food Supply Chain Environment. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Technology Management, Operations and Decisions (ICTMOD)*, Marrakech, Morocco, 2018, DOI: 10.1109/ITMC.2018.8691223.
- Özçetin, N. Risk Management in Dairy Product Companies. *Journal of Mehmet Akif Ersoy University Economics and Administrative Sciences Faculty*, 2017, 4(2), s. 125–137.
- Özçetin, N. Risk Management in Dairy Product Companies. *Journal of Mehmet Akif Ersoy University Economics and Administrative Sciences Faculty*. 2017, 4(2), s. 125–137.
- Palma, O.; Plà-Aragonés, L. M.; ...; Albornoz, V. M. AI and data analytics in dairy farms: A scoping review. *Animals*, 2025, vol. 15, no. 9. DOI: 10.3390/ani15091291.
- Pan, S., Hafez, B., Iskandar, A., & Zhao, M. (2024). Integrating constructivist principles in an adaptive hybrid learning system for developing social entrepreneurship education among college students. *Learning and Motivation*, 87, 102023. DOI: 10.1016/j.lmot.2024.102023.
- Shaker, F.; Shahin, A. An integrated framework for prioritizing risk mitigation approaches – the case of dairy supply chain. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 2025, 74(1), s. 139–162. DOI: 10.1108/IJPPM-06-2023-0304.
- Shiyanova, N. I.; Valitova, E. G.; Munaspyov, R. A.; Kayashev, A. I.; Hardina, A. E. Quality assessment system for milk acceptance and a mathematical model of dairy produce drying. *Automation and Remote Control*, 2014, vol. 75, no. 4, p. 767–772. DOI: 10.1134/S000511791404016X.
- Song, X. D.; Zhang, X. R.; Wang, L. Artificial intelligence in food industry automation: Applications and challenges. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2025, vol. 9. DOI: 10.3389/fsufs.2025.1575430.
- Štatistický úrad Slovenskej republiky. Počet pracovných miest na trhu práce 2024. [online]. [citované 2025-11-09]. Dostupné na: [https://slovak.statistics.sk/wps/portal/ext/home/!ut/p/z1/04\\_Sj9CPyKssy0xPLMnMz0vMAfIjo8ziA809LZycDB0NLPyCXA08QxwD3IO8TAwNTEz1wwkpiAJKG-AAjgZA\\_VFgJc7ujh4m5j4GBhY-7qYGno4eoUGWgcbGBo7GUAV4zCjIjTDIdFRUBADse0bP/dz/d5/L2dBISEvZ0FBI S9nQSEh/](https://slovak.statistics.sk/wps/portal/ext/home/!ut/p/z1/04_Sj9CPyKssy0xPLMnMz0vMAfIjo8ziA809LZycDB0NLPyCXA08QxwD3IO8TAwNTEz1wwkpiAJKG-AAjgZA_VFgJc7ujh4m5j4GBhY-7qYGno4eoUGWgcbGBo7GUAV4zCjIjTDIdFRUBADse0bP/dz/d5/L2dBISEvZ0FBI S9nQSEh/)
- Tian, F. A quality and safety control system for China's dairy supply chain based on HACCP & GS1. In: 2016 13th International Conference on Service Systems and Service Management, 2016.
- Usman, A. K., Shourav Md Hasibul Hasan, Anil Kumar, T. Ch., Thilagham, K. T., Ravikumar, N., & Bharani, L. (2024). IoT and Industry 4.0: Revolutionizing Manufacturing Processes and Supply Chains. *Journal of Informatics Education and Research*, 4(3). DOI:10.52783/jier.v4i3.1425.
- Vasudevan, S.; Mekhalfi, M. L.; Lastra, J. L. M. Machine vision and robotics for primary food handling and packaging: A survey. *IEEE Access*, 2024, vol. 12, p. 152579–152613. DOI: 10.1109/ACCESS.2024.3479781.
- Wiater, J., Boruszko, D., Dąbrowski, W., Żyłka, R., & Antonowicz, S. (2019). Evaluation of sustainable development of dairy industry in Poland. *Economics and Environment*, 69(2), 13. [online]. [citované 2025-11-11]. Dostupné na: <https://ekonomiaisrodowisko.pl/jour-nal/article/view/91>

- Yang, B.; Huang, X. L.; Guo, W. C. A cost-effective on-site milk analyzer based on multispectral sensor. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2020, vol. 179. DOI: 10.1016/j.compag.2020.105823.
- Ziętara, W., Pietrzak, M., & Malak-Rawlikowska, A. (2024). Polish Dairy Farm Transformations and Competitiveness 20 Years after Poland's Accession to the European Union. *Animals (Basel)*, 14(13). DOI:10.3390/ani14132013.
- Zheng, T., Ardolino, M., Bacchetti, A., & Perona, M. (2021). The applications of Industry 4.0 technologies in manufacturing context: a systematic literature review. *International Journal of Production Research*, 59(6), 1922–1954. DOI:10.1080/00207543.2020.1824085.

**Autor:**

**Ing. Michaela Ogurčáková**  
Slovenská technická univerzita  
v Bratislave, Ústav manažmentu  
Vazovová 5, Bratislava  
e-mail: xogurcakova@stuba.sk

**Autor:**

**Ing. Peter Ťapaj**  
Slovenská technická univerzita  
v Bratislave, Ústav manažmentu  
Vazovová 5, Bratislava  
e-mail: xtapaj@stuba.sk