

**EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE**  
**NÁRODOHOSPODÁRSKA FAKULTA**

Evidenčné číslo: 101003/I/2024/36122167630511108

**VPLYV AUTOMATIZÁCIE NA BUDÚCNOSŤ PRÁCE**

**Diplomová práca**

**2024**

**Bc. Bronislava Brtošová**

**EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE**  
**NÁRODOHOSPODÁRSKA FAKULTA**

**VPLYV AUTOMATIZÁCIE NA BUDÚCNOSŤ PRÁCE**  
**Diplomová práca**

**Študijný program:** Aplikovaná ekonómia  
**Študijný odbor:** Ekonómia a manažment  
**Školiace pracovisko:** Katedra hospodárskej politiky  
**Vedúci záverečnej práce:** Ing. Erika Majzlíková, PhD.

### **Pod'akovanie**

Touto cestou by som sa chcela pod'akovať mojej školiteľke Ing. Erike Majzlíkovej, PhD. za ochotu a odborné rady pri spracovaní danej témy pri tvorbe mojej diplomovej práce. Taktiež chcem pod'akovať mojej rodine za podporu počas štúdia na vysokej škole.

## **Abstrakt**

BRTOŠOVÁ, Bronislava: *Vplyv automatizácie na budúcnosť práce*: – Ekonomická univerzita v Bratislave. Národohospodárska fakulta; Katedra hospodárskej politiky. – Vedúci záverečnej práce: Ing. Erika Majzlíková, PhD. – Bratislava: NHF EU, 2024, 82 s.

Cieľom záverečnej práce je poskytnúť prehľad o vplyve automatizácie, najmä umelej inteligencie, na mzdy a zamestnanosť v rámci Európskej únie. Diplomová práca je rozdelená do 4 hlavných kapitol a obsahuje 10 grafov a 9 tabuliek. V teoretickej časti sa zameriavame na skúmanie celkových dopadov automatizácie na zamestnanosť a mzdy. Ďalej popisujeme miery ohrozenosti pracovných pozícií voči umelej inteligencii a sumarizujeme odhady dopadov umelej inteligencie na trh práce, nadobudnuté pomocou mier vystavenia povolání AI technológiami. V druhej kapitole sú stanovené ciele práce a tretia kapitola predstavuje metodológiu a metodiku, ktorá bola pri výskume použitá. Posledná, štvrtá kapitola, sa zameriava na opis meradla vplyvu AI, ktorý je reprezentovaný podielom online inzerátov vyžadujúcich zručnosti v oblasti umelej inteligencie a analyzovanie dopadov umelej inteligencie na ukazovatele trhu práce (mzdy, zamestnanosť) v jednotlivých regiónoch Európskej únie, skupinách povolání a vybraných odvetviach. Jedným z prínosov tejto práce je použitie meradla dopytu po zručnostiach v oblasti umelej inteligencie, čo predstavuje nový prístup v analýze dopadov AI na trh práce.

**Kľúčové slová:** automatizácia, umelá inteligencia, trh práce

## **Abstract**

BRTOŠOVÁ, Bronislava: *The impact of Automation on the Future of Work*: - University of Economics in Bratislava. Faculty of Economics and Finance, Department of Economic Policy. - Thesis supervisor: Ing. Erika Majzlíková, PhD. - Bratislava: NHF EU, 2024, 82 p.

The aim of this thesis is to provide an overview of the impact of automation, in particular artificial intelligence, on wages and employment within the European Union. The thesis is divided into 4 main chapters and contains 10 graphs and 9 tables. The theoretical part focuses on examining the overall impacts of automation on employment and wages. We then describe measures of the vulnerability of jobs to AI and summarize estimates of the labor market impacts of AI, obtained using measures of occupational exposure to AI technologies. The second chapter sets out the objectives of the thesis and the third chapter presents the methodology and methodologies used in the research. The last chapter, chapter four, focuses on describing the measures of AI impact, represented by the share of online job advertisements requiring AI skills, and analysing the impacts of AI on labour market indicators (wages, employment) in different regions of the European Union, occupational groups and selected sectors. One of the contributions of this work is the use of a measure of the demand for AI skills, which represents a new approach in analysing the labour market impacts of AI.

**Keywords:** automation, artificial intelligence, labour market

# Obsah

Úvod .....	7
1 Súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí .....	8
1.1 Celkové dopady automatizácie na zamestnanosť .....	8
1.2 Celkové dopady automatizácie na mzdy .....	12
1.3 Vplyv AI na pracovný trh .....	14
1.3.1 Indexy ohrozenosti povolání AI .....	14
1.3.2 Odhady trhu práce na základe AI mier pracovnej expozície .....	16
2 Cieľ práce .....	18
3 Metodika práce .....	20
4 Výsledky práce a diskusia .....	28
4.1 Deskriptívna štatistika .....	28
4.1.1 Podrobná analýza trendov v dopyte po AI zručnostiach .....	32
4.2 Vplyv automatizácie na ukazovatele trhu práce .....	46
4.3 Vplyv umelej inteligencie na úrovni vybraných regiónov .....	47
4.3.1 Dopady umelej inteligencie na mzdy na úrovni vybraných regiónov .....	47
4.3.2 Dopady umelej inteligencie na zamestnanosť na úrovni vybraných regiónov .....	53
4.4 Vplyv AI na úrovni povolání .....	57
4.4.1 Dopady AI na mzdy na úrovni vybraných povolání .....	59
4.4.2 Dopady AI na zamestnanosť na úrovni vybraných povolání .....	64
4.5 Vplyv AI na úrovni odvetví .....	68
4.5.1 Dopady AI na mzdy na úrovni vybraných odvetví .....	68
4.5.2 Dopady AI na zamestnanosť na úrovni vybraných odvetví .....	70
Záver .....	73
Zoznam použitej literatúry .....	76
Prílohy .....	82

## Úvod

V súčasnej dobe sme svedkami významnej technologickej revolúcie, ktorá zásadne mení náš každodenný život a pracovné prostredie. Automatizácia, zahŕňajúca množstvo technológií vrátane umelej inteligencie, má zásadný vplyv na pracovné trhy po celom svete. S narastajúcim využívaním umelej inteligencie v rôznych odvetviach dochádza k významným zmenám nielen v požiadavkách na zručnosti pracovnej sily, ale aj v štruktúrach zamestnanosti a odmeňovania. Hoci automatizácia môže v niektorých prípadoch predstavovať hrozbu pre tradičné pracovné pozície, je dôležité zdôrazniť, že technologický pokrok tiež výrazne zvyšuje efektívnosť práce. Tento rozvoj prispieva k rýchlejšiemu a efektívnejšiemu vykonávaniu pracovných úloh, čo nemusí nutne mať negatívne dôsledky na trh práce. Aj keď automatizácia môže v niektorých odvetviach viesť k poklesu počtu pracovných miest, zároveň otvára priestor pre vznik nových pozícií, ktoré vyžadujú sofistikovanejšie zručnosti a ponúkajú vyššie mzdové ohodnotenie.

Cieľom našej diplomovej práce je preskúmať dopady automatizácie, predovšetkým umelej inteligencie, na trh práce v období 2019 a 2020, pričom osobitnú pozornosť venujeme tomu, ako sa tieto dopady líšia v rôznych regiónoch, povolaniach a odvetviach. Keďže vplyv umelej inteligencie predstavuje významný záujem pre ekonomiky po celom svete, naša analýza sa špecificky zameriava na krajiny Európskej únie.

V prvej kapitole sa najprv zameriame na analýzu celkového vplyvu automatizácie na zamestnanosť a mzdy. Potom popíšeme indexy, ktoré ukazujú, ako sú rôzne pracovné pozície ohrozené umelou inteligenciou. Nakoniec predstavíme niekoľko existujúcich odhadov dopadov AI, ktoré boli vypracované práve s využitím týchto indexov.

V druhej a tretej kapitole uvedieme ciele a metodiku využítú v našej analýze, vrátane podrobného popisu meradla ohrozenosti povolání AI a štruktúry zberu dát.

V štvrtej kapitole sa budeme venovať podrobnej analýze vývoja počtu online inzerátov, ktoré vyžadujú AI zručnosti, čo predstavuje naše druhé meradlo vplyvu umelej inteligencie. Nakoniec preskúmame, aké dopady prináša umelá inteligencia na pracovný trh, a to v rámci v rôznych regiónoch Európskej únie, medzi rôznymi skupinami povolání a v konkrétnych odvetviach.

# 1 Súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí

V tejto časti diplomovej práce sa pozrieme na to, ako automatizačné technológie a technológie inteligentných systémov menia pracovné miesta. V posledných rokoch sa veľa odborníkov v oblasti vedy zaujímalo o to, čo to pre zamestnanosť a mzdy znamená, keď firmy začnú viac používať roboty a počítače.

Na začiatku si uvedieme odhady odborníkov, ako automatizácia ovplyvňuje počet pracovných miest a celkovú zamestnanosť. Taktiež preskúmame, aký má automatizácia dopad na mzdové ohodnotenie pracovníkov a v závere tejto kapitoly venujeme pozornosť niekoľkým predikciám o miere vystavenia pracovných pozícií voči umelej inteligencii (Artificial Intelligence, ďalej len AI) a preskúmame dopady, ktoré prináša táto špecifická forma automatizácie.

## 1.1 Celkové dopady automatizácie na zamestnanosť

V tejto podkapitole sa budeme venovať preskúmaniu, aký vplyv má narastajúca automatizácia a zavádzanie robotických technológií na úrovni zamestnanosti. Analyzujeme dostupné štúdie a výskumy, ktoré mapujú, ako sa mení počet pracovných miest v dôsledku technologického pokroku.

Hlavným míľnikom v tejto diskusii sa stala práca Frey & Osborne (2013, 2017), ktorá sa detailne venovala povolaniam v USA a na základe analýzy predpovedala, že približne 47% amerických pracovných miest, najmä stredne a nízko kvalifikovaných profesií, čelí vysokému riziku nahradenia strojmi. Ich predpovede vyvolali veľké obavy, čo viedlo k ďalším rozsiahlym diskusiiam výskumníkov a inštitúcií, ktoré sa prejavili v rozšírení objemu empirických štúdií v danej téme. Toto rozšírenie umožnilo prístup k novým dátam a metódam pre hodnotenie vplyvu automatizácie, vrátane analýzy zavádzania robotov. Medzi prvými štúdiami, v ktorých sa uskutočnilo prepracovanie týchto výpočtov pre európsky trh sa zistilo, že v priemere 54% pracovných miest v Európskej únii (ďalej len EÚ) je ohrozených automatizáciou (Bowles, 2014).

Ďalšie analýzy (napr. Arntz. et al., 2016) upravili tieto predpovede, uvádzajúc, že keď sa zameriame skôr na jednotlivé úlohy než na celé povolania, reálne ohrozených môže byť len okolo 9% pracovných miest. Aj keď tento odhad predstavuje len zlomok toho, čo



predpovedali vo svojej práci Frey a Osborne (2017), na základe údajov o zamestnanosti z roku 2016 to predstavuje približne 13 miliónov pracovných miest v celom USA. Tento prístup poukazuje na významný rozdiel v hodnotení rizika automatizácie a zároveň kritizuje metodológiu použitú vo výskume Frey a Osborne, kde bol hlavný dôraz kladený výhradne na povolania. V analýze autori upozorňujú, že takéto zjednodušené posudzovanie povolaní môže viesť k výraznému preceňovaniu potenciálnych rizík automatizácie. V nadväznosti na Arntz. et al. z roku 2016 následne vznikla štúdia (Nedelkoska & Quintini, 2018), z ktorej odhady naznačujú, že až 14% pracovných miest v 32 krajinách OECD, ktoré sa zúčastnili na *Programe medzinárodného hodnotenia dospelých (PIAAC)*, sú vystavené vysokému riziku automatizácie. Táto analýza taktiež poukazuje na výrazné rozdiely v riziku automatizácie medzi jednotlivými krajinami. Napríklad, predpokladá sa, že až 33% pracovných miest na Slovensku je vysoko automatizovateľných, zatiaľ čo v Nórsku to predstavuje len 6% pracovných miest. Celkovo možno pozorovať, že pracovné miesta v anglosaských, severských krajinách a Holandsku sú menej náchylné k automatizácií v porovnaní s krajinami východnej Európy, južnou Európou, Nemeckom, Čile a Japonskom. Tieto dôkazy poukazujú na skutočnosť, že skutočný vplyv automatizácie na pracovné miesta je menší, ako sa pôvodne predpokladalo. Aj podľa názoru Pouliakasa (2018) je automatizácia stále významným faktorom pri redukcii pracovných miest, avšak jej dopad sa očakáva na menej dramatickej úrovni ako Frey a Osborne predpokladali.

Georg Graetz a Guy Michaels (2018) zrealizovali svoju štúdiu kombináciou dát z Medzinárodnej federácie robotiky (ďalej len IFR) a databázy EU KLEMS, aby vytvorili dátový panel pre 17 krajín v období 1993 až 2007. Ich zistenia ukazujú, že rozširujúce sa nasadenie robotov malo za následok zvýšenie ročnej produktivity práce o približne 0,36 percentuálneho bodu. Tento trend nebol len prínosom pre celkovú produktivitu výrobných faktorov, ale tiež prispel k zníženiu výrobných nákladov. Navyše, údaje naznačujú, že napriek tomu, že robotizácia neovplyvnila celkové zamestnanie významným spôsobom, viedla k poklesu zastúpenia pracovníkov s nižšou kvalifikáciou v pracovnej sile. Podobný prístup je uplatnený v štúdií Chiacchio et al. (2018), kde rovnako využili údaje z IFR k vykonaniu analýzy dopadu automatizácie, tentoraz so zameraním na regionálne pracovné trhy v rámci Európskej únie. V tomto prípade sa zisťuje negatívna súvislosť, keďže zavedenie jedného robota navyše na tisíc pracovníkov prispieva k zníženiu pomeru zamestnanosti k počtu obyvateľov približne na úrovni 0,16 – 0,20 %. Pri skúmaní ďalších aspektov dopadu robotiky sa ukázalo, že efekt vytesnenia je obzvlášť výrazný u pracovníkov

so strednou úrovňou vzdelania a pri pracovníkoch v mladom veku. Veľmi podobnú analýzu vykonali aj Acemoglu a Restrepo (2020), ktorí vo svojej štúdií skúmali vplyv priemyselných robotov na miestne trhy práce v USA v období 1990 až 2007. V ich práci taktiež odhalili výrazné negatívne účinky zvýšenej prítomnosti robotov na zamestnanosť. Dospeli k tvrdeniu, že pridanie jedného robota na tisíc pracovníkov vedie k poklesu miestnej zamestnanosti o 0,39 percentuálneho bodu v pomere k celkovej populácii. Svoju analýzu rozšírili o predpokladaný celkový účinok, kde identifikovali miernejšie, ale stále signifikantné, negatívne dopady. Ich zistenia naznačujú, že každý ďalší robot na tisíc pracovníkov znižuje celkovú zamestnanosť v pomere k celkovej populácii o 0,2 percentného bodu. Zdôraznili však, že ak bude robotická technológia v nasledujúcich dvoch desaťročiach postupovať podľa očakávania odborníkov (napr. Brynjolfsson & McAfee, 2014 a Ford, 2015), budúce celkové dôsledky by mohli byť väčšie. Konkrétne, Boston Consulting Group (BCG) v roku 2015 vypracovala dva scenáre predpovedajúce vývoj robotických technológií a ich vplyv na trh práce do roku 2025. Agresívny scenár BCG naznačuje, že celosvetový počet robotov by mohol do roku 2025 narásť až štvornásobne. V kontexte Spojených štátov by toto zvýšenie znamenalo pridanie ďalších 5,25 robotov na tisíc pracovníkov. Podľa odhadov by takýto nárast mohol viesť k poklesu zamestnanosti o jeden percentuálny bod. Na druhej strane, menej intenzívny scenár od BCG predpokladá menej ako trojnásobné zvýšenie počtu robotov, čo by malo za následok miernejší vplyv na trh práce – zníženie zamestnanosti o 0,6 percentuálneho bodu. BCG vo svojej práci z roku 2015 taktiež predpovedá, že podiel úloh vykonávaných robotmi by sa mohol z globálneho priemeru okolo 10 percent vo všetkých výrobných odvetviach zvýšiť na približne 25 percent do roku 2025.

V štúdií od Dautha et al. (2018) bola použitá metodika podobná tej, ktorú predstavili Acemoglu a Restrepo (2020), avšak s aplikáciou na situáciu v Nemecku, kde skúmali vplyv a možné dopady priemyselných robotov na nemecký pracovný trh v období 1994 až 2014. Zo zistení vyplýva, že nasadenie priemyselných robotov nemalo zásadný vplyv na celkový počet pracovných miest v oblastiach, kde je ich využitie rozšírené. Hoci došlo k poklesu pracovných miest v priemyselnej výrobe, tento úbytok bol vyrovnaný prírastkom v sektore služieb. Pri bližšom pohľade na vplyv pracovníkov vo výrobe sa ukázalo, že zavádzanie robotov neznamenal zvýšené riziko straty zamestnania. Mnohí zamestnanci si našli nové úlohy u svojich doterajších zamestnávateľov. Zníženie pracovných miest v priemysle sa týkalo predovšetkým obmedzenia nových príležitostí pre mladých ľudí vstupujúcich na trh práce.

Štúdia od Reljic et al. (2023) sa zaoberá skúmaním, ako robotizácia ovplyvňuje zamestnanosť v Európe, pričom rozlišuje medzi rôznymi "robotizačnými režimami". Pri analýze výrobného sektora v Európe zistili, že integrácia robotov do práce má celkovo pozitívny účinok na počet pracovných miest. Avšak, tento efekt je najmä pozorovateľný v hlavných európskych ekonomikách, ako sú Rakúsko, Nemecko, Dánsko, Fínsko, Francúzsko, Holandsko a Švédsko, a v štátoch, ktoré sa sústredia na služby, napríklad ako Belgicko, Estónsko či Írsko. Zvýšená zamestnanosť v dôsledku robotizácie sa týka predovšetkým vyšších pracovných pozícií, ako sú manažérske a technické role. Naopak, krajiny s menším ekonomickým významom a pracovníci v manuálnych profesiách z tejto technologickej zmeny ťažia menej.

Vo viacerých príspevkoch, ktoré sa venovali posudzovaniu dopadu robotizácie na pracovný trh s využitím údajov o zavádzaní robotov na úrovni podnikov, bolo zistené, že firmy s intenzívnejším využívaním robotizácie často zažívajú vyšší nárast počtu zamestnancov. Tento trend potvrdzuje práca Bessena et al. (2021), ktorá sa sústreďuje na holandské výrobné a nevýrobné podniky. Štúdia poukázala na to, že firmy implementujúce automatizačné technológie zvyčajne zaznamenávajú rýchlejšiu rast v oblasti zamestnanosti a príjmov v porovnaní s firmami, ktoré nové technológie nezavádzajú. Podobne ako štúdia od Kocha et al. (2021), ktorá analyzovala dáta zo španielskych firiem, ukázala, že nasadenie automatizačných technológií prispelo k vzniku nových pracovných miest, zvýšeniu výroby a zníženiu relatívnych nákladov na prácu.

Tento pozitívny trend bol pozorovaný aj pri pohľade na francúzske firmy. Výskum Aghiona et al. (2023) naznačil, že zavedenie robotov vo firmách viedlo k tvorbe nových pozícií pre zamestnancov s rôznymi úrovňami zručností, vrátane kvalifikovaných aj nekvalifikovaných pracovníkov. Existujú však aj dôkazy, ktoré poukazujú na opačné zistenia. Dobrým príkladom pri prezentácii opačných záverov je práca Acemoglu et al. (2020), ktorý taktiež vychádzal z francúzskych údajov, ktorými však dospel k tvrdeniu, že hoci na úrovni jednotlivých firiem môže robotizácia priniesť mierne pozitívne efekty, na úrovni celého odvetvia môže 20% zvýšenie investícií do robotov znamenať zhruba 3,2% pokles v zamestnanosti. A teda môžeme vidieť, že podniky s rozsiahlym využívaním robotiky často hlásia nárast zamestnanosti, no ak sa zameriame výhradne na odvetvia a konkrétnejšie geografické oblasti s intenzívnou automatizáciou, tento pozitívny trend sa môže obrátiť na mierny negatívny vplyv.

## 1.2 Celkové dopady automatizácie na mzdy

V druhej podkapitole sa budeme zaoberať špecifickými dôsledkami automatizácie na mzdové podmienky. Zameriame sa na zistenia výskumov, ktoré skúmajú, či a ako prítomnosť robotov a pokročilých automatizačných systémov ovplyvňuje výšku miezd, a aké trendy možno v tejto oblasti očakávať do budúcnosti.

Rôzne výskumy, ktoré sa zaoberajú vzťahom medzi robotizáciou a trhom práce, často zahŕňajú aj analýzu toho, ako automatizácia ovplyvňuje mzdy.

Štúdiá, využívajúca údaje z IFR, Borjasa a Freemana (2019) sa zamerala na porovnanie dopadu automatizácie a migrácie na mzdy v USA, identifikujúc oba javy ako potenciálne zdroje ponukových šokov s možným negatívnym účinkom na hodinové zárobky. Z ich odhadov vyplýva, že roboty majú nielen negatívny vplyv na mzdy bez ohľadu na pohlavie a úroveň vzdelania, ale že tento vplyv je aj dvakrát alebo trikrát väčší ako vplyv migrantov. Graetz a Michaels (2018) sa pri svojej analýze opierali o rozsiahlu vzorku pozostávajúcej zo 17 krajín sledovaných v rokoch 1993 až 2007. Vo svojej štúdií dokumentujú pozitívny dopad robotizácie na priemernú hodinovú mzdu (hoci len o veľkosti 10% z odhadovaného nárastu produktivity práce). Bekhtiar et al. (2021) však ukazujú, že pozitívne mzdové efekty zdokumentované práve v štúdií Graetz a Michaels (2018) sa premenia na negatívne efekty pri replikácii ich analýzy pri vylúčení nevýrobných odvetví.

Výskum od Compagnucci et al. (2019), ktorý sa zameriaval na 16 krajín OECD v období od 2011 do 2016, zistil, že zavádzanie robotov do pracovného procesu má pozitívny vplyv na hodinové mzdy. Napriek tomu majú mzdy tendenciu rásť pomalším tempom v odvetviach, v ktorých robotizácia rastie rýchlejšie.

V neskoršej štúdií Acemoglu a Restrepo (2020) skúmali, ako zvýšenie počtu robotov ovplyvňuje mzdy na miestnych trhoch práce v USA. Ich výsledky ukázali, že pridanie jedného robota na každých tisíc zamestnancov vedie k 4,2% poklesu v priemerných mzdách. Pri analýze od Chiacchio et al. (2018), v ktorej taktiež bol aplikovaný prístup miestneho trhu práce pri štúdiu vplyvov robotov na zamestnanosť a mzdy v Európe, sa nenašiel žiadny zásadný vzťah medzi zavádzaním robotov a úrovňou miezd, a to ani po zohľadnení rôznych medzičlánkových faktorov a opätovnej analýzy naprieč rôznymi sektormi a profesijnými kategóriami. Podobné zistenia priniesla aj štúdiá o robotizácii v Nemecku od Dautha et al.

(2018), ktorá pozorovala len slabý a štatisticky nevýznamný vplyv robotov na mzdy. V rámci priemyselnej výroby sú mzdové efekty negatívne, sú však mierne kompenzované pozitívnymi mzdovými efektmi v odvetví služieb.

Podľa dôkazov, ktoré poskytli Koch et al. (2021) a ktoré sa zameriavajú na veľkú vzorku španielskych firiem pozorovaných v rokoch 1990 až 2016, nemá zavedenie robotov významný vplyv na mzdy napriek tomu, že má pozitívny vplyv na zamestnanosť a produkciu. Na druhej strane, v štúdií od Bonfiglioli et al. (2022) a Barth et al. (2020) identifikovali odlišnosti medzi sektormi a skupinami podľa kvalifikácie. Bonfiglioli et al. (2022) pozorovali, že v sektore výroby robotizácia neovplyvňuje mzdy, zatiaľ čo v sektore služieb vedie k ich nárastu. Barth et al. (2020) zistili v štúdií na úrovni firiem pre Nórsko, že prijatie robota zvyšuje prémie za zručnosti tým, že pozitívne ovplyvňuje mzdy vysoko vzdelaných pracovníkov a negatívne mzdy pracovníkov s nízkym vzdelaním. Giuntella et al. (2019) nachádzajú veľké negatívne účinky vystavenia robotom na mzdy pre štátne podniky v Číne. Z týchto poznatkov si teda môžeme všimnúť, že štúdie na úrovni firiem majú vo všeobecnosti tendenciu uvádzať len slabé mzdové efekty. (Jurkat et al., 2023)

Veľký počet príspevkov sa venoval aj zavádzaniu robotov v súvislosti s rodovým rozdielom v odmeňovaní. Zatiaľ čo Aksoy et al. (2021) zistili, že nárast robotizácie o 10% viedol k zvýšeniu rozdielu v odmeňovaní u žien a mužov o 1,8% v skupine 20 európskych krajín, Ge a Zhou (2020) zistili, že zvýšené zavádzanie robotov prispelo k zníženiu rodového mzdového rozdielu medzi rokmi 1990 a 2015 na miestnych trhoch práce v USA. V štúdií Albinovski a Lewandowski (2023) sa nachádzajú dôkazy o tom, že mzdové efekty u mladších mužov vo veku 20 - 49 rokov zamestnaných v rutinných manuálnych povolaniach boli negatívne, zatiaľ čo pozitívny vplyv na mzdy je zdokumentovaný, pokiaľ ide o mladé ženy vo veku 20 – 49 rokov zamestnané v rutinných kognitívnych povolaniach. Analýza Adachiho et al. z roku 2022, zameraná na jednotlivé povolania, identifikovala negatívny vplyv na mzdy vyplývajúci zo zníženia nákladov spojených so zavedením robotov v USA medzi rokmi 1990 a 2007. Tento efekt sa najviac dotýka povolání v sektoroch tradičnej výroby a dopravy. Cuccu a Royuela (2022) na veľkej vzorke španielskych pracovníkov v rokoch 2001 až 2017 skúmajú prechody k rôznym zamestnávateľom po nedobrovoľnom prepustení spojenom s kontaktom s robotmi. Výraznejšiu stratu zárobku zisťujú u pracovníkov so strednou a nízkou kvalifikáciou, pričom ženy sú negatívne

ovplyvnené viac ako muži. Avšak aj vysokokvalifikovaní pracovníci čelia nižšej mzde, ak by museli zmeniť sektor zamestnania.

### **1.3 Vplyv AI na pracovný trh**

Namiesto tradičného zamerania na roboty a softvér sa postupom času začali výskumníci intenzívnejšie venovať aj umelej inteligencii a jej vplyvu na pracovné prostredie. AI sa považuje za relevantne novú technológiu s revolučným potenciálom, ktorá má schopnosť nahradzovať ľudských pracovníkov, najmä v oblastiach, kde dominujú administratívne alebo kancelárske pozície. Tieto pozície sa typicky nachádzajú v sektore služieb, ako sú bankovníctvo, poradenstvo alebo IT, kde prevláda práca zameraná skôr na intelektuálne úkony než na fyzickú námahu. Aj keď v posledných rokoch začali výskumníci čoraz častejšie skúmať účinky umelej inteligencie na povolania a firmy, v akademickej literatúre a verejnej tlači sa stále objavuje len obmedzené množstvo konkrétnych dôkazov o dopadoch tejto technológie. Jedným z hlavných dôvodov tejto situácie je, že AI je stále pomerne novým javom, ktorý sa vyvíja veľmi rýchlo, a spôsoby na presné meranie jej dopadov ešte neboli plne rozvinuté (McElheran, 2018; Raj & Seamans, 2018). S cieľom vyplniť túto medzeru vzniká časom významná skupina príspevkov, ktorá sa opiera o povolanie a indikátory založené na schopnostiach odhadnúť „expozíciu AI“, charakterizovaná ako pravdepodobnosť, že povolanie príde do kontaktu s umelou inteligenciou, bude ňou nahradené alebo podporované, a to na základe charakteristiky vykonávaných úloh a základných schopností (Felten et al., 2018).

V nasledujúcich podkapitolách sa zameriame na predstavenie niekoľkých odhadovaných AI mier pracovnej expozície. Následne, ak sa objavia štúdie, ktoré tieto miery aplikovali, predstavíme ich a zhrnieme výsledky, ktoré prinášajú pre trh práce.

#### *1.3.1 Indexy ohrozenosti povolaní AI*

V príspevku Feltena et al. (2021), v ktorom spresňuje opatrenia navrhnuté v práci Felten et al. (2018), sa rozširuje spôsob, ako odhadnúť, do akej miery sú jednotlivé povolania ohrozené v dôsledku umelej inteligencie, pričom autori kombinovali údaje z databázy Electronic Frontier Foundation (EFF), ktorá bola vyvinutá v kontexte iniciatívy AI Progress Measurement, so zoznamom schopností podľa systému O\*NET na úrovni povolania. Na odhadnutie tejto miery vykonali priame porovnanie medzi 10 vybranými oblasťami použitia

umelej inteligencie a ľudskými schopnosťami zahrnuté v O\*NET. Spájanie sa uskutočnilo prostredníctvom administrovaného dotazníka pre 2000 jednotlivcov, oslovených webovou službou Amazon Mechanical Turk, žijúcimi v USA. Jednotlivci boli požiadaní, aby posúdili, či majú konkrétne aplikácie AI súvislosť s niektorou zo 52 schopností zoznamu O\*NET. AI miera pracovnej expozície, známa ako AI Occupational Exposure (AIOE), ukázala, že najviac vystavený AI sú úradníci a pracovníci v administratíve, ktorí sú zamestnaní predovšetkým v odvetví služieb. Táto miera, avšak, neuvádza presne, či AI ľudskú prácu nahradzuje alebo s ňou efektívne spolupracuje.

Webb v roku 2020 vyvinul metodiku na posúdenie vplyvu AI, zameriavajúc sa na kombináciu technologickej a pracovnej rozmanitosti. Táto metóda spočíva v analyzovaní výskytu dvojíc sloveso-podstatné meno v názvoch AI patentov a v opisoch úloh podľa O\*NET, čo umožňuje získať ucelený pohľad na technologické stratégie firiem aj na detaily o špecifických AI technológiách. Takisto sa zameriava na charakteristiky povolání, zohľadňujúc úlohy a schopnosti popísané v O\*NET. Podľa Webb et al. (2020) zistení AI pravdepodobne ovplyvní skôr kvalifikovaných a starších pracovníkov než to bolo pri predchádzajúcich inovačných trendoch, ako sú robotizácia alebo softvérové inovácie. Avšak, interpretácia výsledkov môže byť menej priama, keďže názvy patentov neposkytujú úplný prehľad o technológii a zameriavanie sa výhradne na páry sloveso-podstatné meno môže obmedziť presnosť zistení.

Brynjolfsson et al. (2018) sa zamerali na pokroky v technológiách strojového učenia (Machine Learning, ďalej len ML), ktoré sú základom prakticky všetkých AI aplikácií. Vychádzajúc z predchádzajúcej práce Brynjolfssona a Mitchella z roku 2017, ktorá navrhla metódu na hodnotenie potenciálu rôznych úloh pre aplikáciu ML, predstavili nový ukazovateľ nazvaný miera vhodnosti pre strojové učenie (Suitability for Machine Learning, ďalej len SML). Tento ukazovateľ bol aplikovaný na 18 156 rôznych profesijných úloh z databázy O\*NET. Hlavné zistenia ich štúdie možno zhrnúť do troch bodov:

- Väčšina z povolání, ktoré boli preskúmané, zahŕňala aspoň niektoré úlohy vhodné pre ML aplikácie;
- Len malý počet povolání sa skladal výlučne z úloh, ktoré by boli plne prispôsobené pre strojové učenie, ukazujúc na obmedzenosť celkovej automatizácie;
- Úplné využitie ML technológií často vyžaduje zmeny v náplni pracovných úloh.

Ich zistenia naznačujú, že je potrebný posun v diskusiách o účinkoch AI na prácu. Dôkazy naznačujú, že technológie ML budú všadeprítomné, ale v rámci pracovných miest sa SML pracovných úloh veľmi líši. Navrhujú, aby variabilita v SML na úrovni úloh bola indikátorom pre potenciálnu reorganizáciu úloh. V centre pozornosti výskumníkov, ale aj manažérov a podnikateľov by nemala byť (len) automatizácia, ale aj re-dizajn pracovných miest. (Brynjolfsson et al., 2018)

Engberg et al. (2023) vytvorili mieru, nazývanú index dynamickej pracovnej expozície umelej inteligencie (DAIOE), ktorý bol zhotovený na základe AIOE od Feltena et al. (2021). DAIOE odhaduje expozíciu AI mapovaním údajov o technologickom pokroku v oblasti AI so schopnosťami pracovníkov z databázy O\*NET, pokrývajúc 9 aplikácií AI rozdelených do oblastí jazyka, videnia a hier. Výkonnosť AI je meraná cez viac ako 100 metrik z dátových úložisk Electronic Frontier Foundation (EFF) a Papers With Code (PWC). Konečné skóre DAIOE pre povolanie zohľadňuje lineárny nárast metrik a sociálne aspekty práce, predpokladajúc, že sociálne orientované povolania sú menej nahraditeľné AI. Podľa autorov vyššia expozícia v DAIOE naznačuje potenciálne uplatnenie AI v povolaniach, ale to, či expozícia v konečnom dôsledku povedie k nahradeniu alebo rozšíreniu ľudskej práce, je mimo rozsahu tohto modelu.

### *1.3.2 Odhady trhu práce na základe AI mier pracovnej expozície*

V súčasnosti sa rozrastá počet štúdií, ktoré skúmajú, aký vplyv má rozvoj umelej inteligencie (AI) na trhu práce, predovšetkým ako ovplyvňuje počet a charakter pracovných miest a úroveň miezd. Tieto analýzy sa často zakladajú na koncepte mier pracovnej expozície AI.

V štúdiu realizovanej Albanesi et al. (2023), ktorá využila dva rôzne ukazovatele ohrozenosti nahradenia povolaniach AI - AIOE vyvinutý Feltenom et al. (2021) a index ohrozenosti AI od Webba, bol analyzovaný dopad AI a softvéru na pracovných trhoch v 16 európskych krajinách v období rokov 2011 až 2019. Tieto ukazovatele vystavenosti boli kombinované s informáciami o povolaniach podľa európskej klasifikácie ISCO-08 na 3-ciferej úrovni. Analýza pomocou ukazovateľa AIOE ukázala, že v povolaniach s vyššou ohrozenosťou AI sa podiel zamestnanosti v priemere zvýšil o 4,3% v Európe. Tento nárast bol najvýraznejší medzi mladšími a vyššie kvalifikovanými pracovníkmi. Podľa Webbového indexu ohrozenosti AI, v povolaniach s vyššou ohrozenosťou AI sa podiel zamestnanosti



zvýšil v priemere o 2,6% na európskom trhu práce. Zistenia z obidvoch ukazovateľov podporujú názor, že zvýšená ohrozenosť AI prispieva k rastu zamestnanosti, a nie k poklesu, čo kontrastuje s niektorými zisteniami USA.

Ďalším spôsobom, ako sa pozrieť na vzťah medzi AI a zamestnanosťou, je použiť údaje o pracovných pozíciách. V zásadnej štúdií Acemoglu et al. (2022) sa spoliehajú na údaje spoločnosti Burning Glass Technologies, ktoré poskytujú pokrytie online pracovných ponúk na úrovni firiem, prepojené s pracovnými kódexmi SOC, aby posúdili relatívne prenikanie AI technológií na úrovni podnikov v USA. Na kvantifikáciu stupňa expozície AI na úrovni firmy sa používajú tri rôzne miery, konkrétne tie, ktoré navrhli Brynjolfsson et al. (2018), Felten et al. (2021) a Webb (2020). Výsledky neukázali priamy vplyv AI na úrovni odvetví alebo povolání, ale naznačili zmeny v štruktúre pracovných miest s väčším dôrazom na AI. Okrem toho neexistujú žiadne dôkazy o akejkoľvek priamej komplementarite medzi pracovnými miestami AI a pracovnými miestami mimo AI, čo naznačuje prevládajúci substitučný efekt a premenu pracovnej sily.

Príspevok Engberg et al. (2023) sa venoval skúmaniu vplyvu AI a automatizácie na pracovné úlohy a zručnosti v Nemecku počas posledných dvoch desaťročí. Na kvantifikáciu stupňa expozície AI sa v štúdií použili dve miery, konkrétne tie, ktoré navrhli Webb (2020) a Engberg et al. (2023). Zistili, že pracovné pozície s väčšou expozíciou AI si vyžadujú odlišné zručnosti a činnosti v porovnaní s pozíciami vystavenými automatizácii prostredníctvom priemyselných robotov. Pri pohľade na vplyv na mzdy medzi rokmi 2010 a 2017, autori pozorovali, že povolania viac vystavené AI zaznamenali vyšší rast miezd oproti tým, ktoré boli viac vystavené robotom.

## 2 Cieľ práce

Hlavným cieľom tejto diplomovej práce je analyzovať vplyv AI na mzdy a zamestnanosť v rámci vybraných krajín Európskej únie. Táto diplomová práca sa opiera o dva kľúčové identifikátory. Prvým z nich je podiel online inzerátov na voľné pracovné miesta, ktoré vyžadujú AI zručnosti, ktorý poskytuje dáta o aktuálnom dopyte po AI zručnostiach na trhu práce a sleduje jeho vývoj. Druhým identifikátorom je Webbov indikátor ohrozenosti povolání AI, ktorý predikuje, ktoré profesie budú v dlhodobom horizonte najviac ohrozené automatizáciou, čím ukazuje potenciálne hrozby pre pracovné pozície. Cieľom využitia týchto dvoch ukazovateľov je poskytnúť komplexný pohľad na to, ako AI zasahuje do trhu práce a aké sú potenciálne ekonomické dôsledky tejto integrácie pre rôzne skupiny krajín a povolání v rámci Európy.

Na dosiahnutie hlavného cieľa bolo potrebné najprv splniť viaceré čiastkové ciele, ktoré nám umožnili lepšie pochopiť súčasný stav a zmeny, ktoré AI prináša na trh práce. Prvý čiastkový cieľ spočíval v analýze vývoja podielu online pracovných inzerátov vyžadujúcich AI zručnosti. Sledovali sme, ako sa tento podiel menil počas posledných piatich rokov (2019 – 2023) v krajinách Vyšehradskej štvorky (ďalej len V4), aby sme zistili, ako sa mení dynamika dopytu po AI zručnostiach v rôznych povolaniach. Súčasne sme zisťovali, ktoré vzdelávacie požiadavky a kľúčové zručnosti sú v týchto inzerátoch najčastejšie zdôrazňované.

Druhým čiastkovým cieľom bolo usúdiť, ako AI ovplyvňuje regionálne trhy práce, s osobitným zameraním na skupiny krajín V4, západnej, strednej a východnej Európy. Naším zámerom bolo zistiť, aký vplyv má AI na mzdy a zamestnanosť a identifikovať, či sú tieto vplyvy v rôznych regiónoch pozitívne (napr. tvorba nových pracovných miest, zlepšenie mzdových podmienok v dôsledku zvýšeného dopytu po technologických zručnostiach) alebo negatívne (napr. strata pracovných miest, znižovanie miezd v dôsledku automatizácie). Tieto zistenia poskytnú cenné informácie, ktoré by mali reflektovať špecifické potreby a výzvy každého regiónu, a pomôcť pri formulácii prispôbených stratégií, ktoré adresujú tieto regionálne podmienky.

Tretí čiastkový cieľ zahrňoval preskúmanie, ako AI ovplyvní rôzne povolania a odvetvia. Zamerali sme sa na povolania, ktoré podľa indikátorov ohrozenosti od Webba a Feltena sú identifikované ako najviac a najmenej ohrozené AI, a hodnotili sme, či bude ich

vplyv na trh práce pozitívny alebo negatívny. Ďalej sme sa rozhodli preskúmať odvetvie priemyslu, kde sa predpokladá vysoká nahraditeľnosť pracovných miest priemyselnými robotmi, a odvetvie služieb, kde sa na druhej strane predpokladá vysoká nahraditeľnosť pracovných miest AI, pričom sme hodnotili potencionálne pozitívne a negatívne zmeny na trhu práce v týchto odvetviach. Takáto analýza nielenže slúži ako nástroj pre tvorcov politik, ale aj ako cenný zdroj informácií pre jednotlivcov, ktorí sa snažia lepšie porozumieť dynamike trhu práce a svojim kariérnym možnostiam.

Okrem toho sme overovali, či naše empirické zistenia súhlasia s predpoveďami odborníkov týkajúcimi sa vplyvu AI na prácu. Porovnávali sme naše výsledky s hypotézami založenými na predchádzajúcich analýzách, čo prispelo k presnejšiemu overeniu teoretických modelov. Vzhľadom na to, že niektoré hypotézy sa týkali aj ohrozenosti povolání priemyselnými robotmi, naša analýza čiastočne zahŕňala aj skúmanie týchto vplyvov. Tieto výsledky slúžili ako protiváha k dopadom AI. Túto časť analýzy považujeme za nevyhnutnú pre posilnenie dôveryhodnosti našich záverov.

### 3 Metodika práce

Na realizáciu hlavného cieľa sme si zvolili dva hlavné ukazovatele, ktoré nám umožnia detailne analyzovať vplyv AI na európskom trhu práce. Prvým z týchto ukazovateľov je podiel online inzerátov požadujúcich AI zručnosti. Tento ukazovateľ poskytuje údaje o vývoji dopytu po AI zručnostiach v čase a identifikuje, ktoré špecifické zručnosti sú najviac žiadané zamestnávateľmi a celkovo na aktuálnom trhu práce. Údaje pre tento ukazovateľ sme získali z online databázy spoločnosti *Bruegel*, ktorá zbiera informácie z celého európskeho trhu práce za obdobie 2019 až 2023. Na dosiahnutie čo najlepších výsledkov sme sa rozhodli využiť aj druhý identifikátor, ktorým je ukazovateľ ohrozenia povolání vytvorený Webбом v roku 2012 a naposledy aktualizovaný v roku 2020, z dôvodu jeho konzistencie a stability v čase, čo umožňuje spoľahlivé porovnanie dát cez rôzne obdobia.

Webb vytvoril indikátor rizika pre povolania, využívajúc informácie z patentov a popisov pracovných miest. Na konštrukciu tohto ukazovateľa použil verejne dostupné dáta z Google patentov, spolu s databázou O\*NET, ktorá obsahuje detailné opisy a charakteristiky pre 964 rôznych povolání. Každé povolanie v tejto databáze je špecifikované súborom činností, ktoré zahŕňa.

Pri hodnotení, ako sú jednotlivé povolania vystavené riziku nahraditeľnosti z dôsledku technológie AI, Webb začal analýzou textov patentov, aby určil, čo daná technológia dokáže. Kvantifikoval, do akej miery sú úlohy vykonávané v rôznych povolaniach podobné tým, ktoré môže technológia AI vykonávať tiež. A teda, jeho prvým ktorom bolo identifikovať patenty, ktoré sú relevantné pre danú technológiu, vyberajúc tie, ktoré vo svojich názvoch alebo abstraktoch obsahovali určité kľúčové slová. Z týchto patentov potom extrahoval kľúčové slovné dvojice, ktoré sa skladali zo slovesa a podstatného mena. Následne analyzoval, ako často sa každá z týchto dvojíc, alebo dvojice s podobným znením, vyskytujú v celkovom zozname extrahovaných dvojíc slov.

V databáze povolání O\*NET je každé povolanie rozdelené do sérií úloh, pričom každá úloha je opísaná pomocou voľného textu. Webb z týchto popisov rovnakým spôsobom extrahoval všetky dvojice slov vo forme slovesa a podstatného mena. Potom priradil každej dvojici ich relatívnu frekvenciu výskytu, porovnávajúc ju s podobnými dvojicami

uvedenými v patentových názvoch. Na základe týchto dvojíc vypočítal pre každé povolanie celkové skóre ohrozenia, určené priemernou hodnotou všetkých relevantných slovesných a podstatných mien váženou podľa „dôležitosti“ každej úlohy pre dané povolanie. Aj keď databáza úloh obsahuje rôzne metadáta, ako sú číselné hodnotenia potrebných sociálnych a analytických zručností, Webb primárne využíval textové opisy a skóre priradené k jednotlivým úlohám, aby určil dôležitosť a frekvenciu výskytu každej úlohy.

Ako bolo už spomenuté, databáza O\*NET poslúžila ako zdroj informácií o povolaniach. Predtým, ako Webb vypočítal expozičné skóre pre každú dvojicu, ktorá bola vytvorená slovesom a podstatným menom, rozdelil podstatné mená v týchto dvojiciach do rôznych pojmových kategórií, a to hlavne z toho dôvodu, že podstatné mená v popisoch úloh O\*NET sú formulované relatívne všeobecne, zatiaľ čo v názvoch patentov sa väčšinou používajú špecifické termíny. Kategorizácia podstatných mien bola vykonaná pomocou databázy WordNet (Miller, 1995), ktorá umožňuje systematizáciu pojmov na rôznych úrovniach detailu. Týmto spôsobom bolo možné každé podstatné meno priradiť do príslušnej kategórie podľa jeho pojmovej úrovne, čo pomohlo presnejšie určiť, ako sú povolania ohrozené v dôsledku technologických inovácií popísaných v patentoch.

Webb označil množinu technológií  $T$ . Pre každú technológiu  $t \in T$ , nech  $f_c^t$  označuje hrubý počet výskytov agregovanej dvojice sloveso – podstatné meno  $c$ , extrahované z názvu patentov technológie  $t$ , a nech  $C^t$  označuje úplný súbor agregovaných dvojíc sloveso – podstatné meno pre technológiu  $t$ . Relatívna frekvencia,  $rf_c^t$ , agregovanej dvojice sloveso – podstatné meno  $c$  v patentových názvoch technológie  $t$  teda je,

$$rf_c^t = \frac{f_c^t}{\sum_{c \in C^t} f_c^t}.$$

Každej z agregovaných dvojíc sloveso – podstatné meno na úrovni úloh, Webb následne priradil relatívnu frekvenciu tejto dvojice  $rf_c^t$ , v názvoch patentov v oblasti technológií  $t$ . Pre každé povolanie  $i$ , potom vzal vážený priemer týchto skóre na úrovni úloh, aby vytvoril celkové skóre vystavenia technológie  $t$  pre dané povolanie,

$$Exposure_{i,t} = \frac{\sum_{k \in K_i} [w_{k,t} * \sum_{c \in S_k} rf_c^t]}{\sum_{k \in K_i} [w_{k,t} * |\{c: c \in S_k\}|]}.$$

V tomto výraze je  $K_i$  množina úloh v povolani  $i$  a  $S_k$  je množina dvojíc sloveso – podstatné meno, extrahovaných z úlohy  $k \in K_i$ . Nakoniec  $w_{k,t}$  a teda váha úlohy  $k$  v rámci povolania  $i$ , je priemerom frekvencie, dôležitosti a významnosti úlohy  $k$  pre povolanie  $i$ , ako je uvedené v databáze O\*NET, pričom váhy sú škálované tak, aby ich súčet bol rovný jednej. Skóre vystavenia istého povolania technológií  $t$  teda vyjadruje intenzitu patentovej aktivity v technológií  $t$  zameranej na úlohy v danom povolani.

Po dôkladnom opise vzniku oboch meradiel môžeme predvídať, že nám relevantne pomôžu kvantifikovať a analyzovať vplyv AI na mzdy a zamestnanosť. Aby sme však mohli tieto vzťahy dôkladne preskúmať, museli sme si následne zozbierať ďalšie potrebné dáta na vykonanie daných analýz. Hlavným zdrojom údajov v našom prípade bola databáza EU KLEMS, ktorá poskytuje detailné informácie o produktivite a raste ekonomiky pre rôzne krajiny Európskej únie. My sme si z nej extrahovali informácie o mzdách a zamestnanosti na úrovni odvetví definovaných podľa klasifikácie NACE Rev.2, ako aj demografické premenné vrátane veku, úrovne vzdelania a pohlavia jednotlivcov za daný rok a krajinu. Keďže údaje o ukazovateľovi podielu online inzerátov vyžadujúcich AI zručnosti sú dostupné pre roky 2019 až 2023, rozhodli sme sa pre potreby našej analýzy využiť z databázy EU KLEMS iba údaje za roky 2019 a 2020. Toto obmedzenie je nevyhnutné z dôvodu zosúladenia časových období analyzovaných dát a taktiež preto, aby boli závery diplomovej práce čo najrelevantnejšie a najpresnejšie.

V nasledujúcom kroku sme museli riešiť rozdiely v klasifikačných systémoch používaných v našich dátových zdrojoch. Webbov ukazovateľ, pôvodne založený na O\*NET klasifikácií, a ukazovateľ o online inzerátoch vyžadujúcich AI zručnosti, kategorizovaný podľa ISCO-08, si vyžadovali preklad do jednotného systému klasifikácie. Tento problém sme vyriešili tým, že sme použili pretransformovanú verziu Webbovho ukazovateľa, ktorý bol prevedený na štvormiestne kódy ISCO-08 formátu. Okrem toho sme potrebovali zosúladiť aj údaje z EU KLEMS s ostatnými dátami. Použitím konverzných tabuliek<sup>1</sup> sa nám podaril prevod odvetvových údajov z klasifikácie NACE Rev.2 na odpovedajúce povolania podľa ISCO-08 klasifikácie. Tento krok bol nevyhnutný na to, aby sme mohli naše dáta efektívne analyzovať.

---

<sup>1</sup> Occupation > industry predictions for measuring industry in surveys (SERISS, 2017)

Integrácia a zosúladenie týchto rôzne klasifikovaných datasetov boli realizované pomocou príkazu „merge“ v programe *Stata*. Proces spájania zapríčinil nesúlad pri premennej „education“, ktorá pôvodne charakterizovala úroveň vzdelania na úrovni odvetví, čo spôsobovalo nezrovnalosti pri jej priradení ku konkrétnym povolaniam. Tento spôsob priradenia viedol k vytvoreniu mnohých duplikátov, ktoré nemuseli presne odrážať realitu, pretože jedna úroveň vzdelania mohla byť spojená s viacerými povolaniami, čo znejasňovalo skutočné vzdelanostné požiadavky pre jednotlivé povolania. Aby sme tento problém vyriešili, postupovali sme podľa nasledovných informácií:

**Tabuľka 1: Mapovanie hlavných skupín povolaní podľa ISCO-08 na úrovne zručností**

ISCO-08 hlavné skupiny povolaní	Úroveň zručností
1 – Manažéri, vyšší úradníci a zákonodarcovia	3 + 4
2 - Profesionáli	4
3 – Technici a strední odborní zamestnanci	3
4 – Úradníci	
5 – Pracovníci v oblasti služieb a predaja	
6 – Kvalifikovaní pracovníci v poľnohospodárstve a rybolove	2
7 – Remeselní pracovníci a príbuzné profesie	
8 – Obsluha strojov a zariadení, montážni pracovníci	
9 – Elementárne povolania	1

*Zdroj: ILOSTAT, vlastné spracovanie*

Táto tabuľka jasne definuje, ktorá úroveň zručností je potrebná pre každé povolanie podľa ISCO-08 klasifikácie.<sup>2</sup> Ďalej sme preskúmali, aká úroveň zručností zodpovedá každej

---

<sup>2</sup> V rámci hlavnej skupiny 1 sú povolania v podskupine 14 (manažéri pohostinstva, maloobchodu a služieb) na úrovni zručností 3. Všetky ostatné povolania v hlavnej skupine 1 sú na úrovni zručností 4.

úrovni vzdelania, opäť s využitím relevantných informácií pre definíciu vzdelanostných úrovní:

**Tabuľka 2: Prehľad vzdelávacích úrovní a zodpovedajúcich zručností podľa ISCED 2011**

Úroveň vzdelania	ISCED 2011
Nízka úroveň vzdelania	Úroveň zručností 0 - 2
Stredná úroveň vzdelania	Úroveň zručností 3 - 4
Vysoká úroveň vzdelania	Úroveň zručností 5 - 8

*Zdroj: Eurostat, vlastné spracovanie*

Za základe týchto informácií sme identifikovali a odstránili záznamy, kde úroveň vzdelania nesúhlasila s požadovanou úrovňou zručností pre dané povolania. Tento proces čistenia dát nám umožnil zabezpečiť, že všetky dáta sú správne priradené a reflektujú realistické a presné vzdelanostné požiadavky relevantné pre špecifikované povolania. Vďaka tomuto kroku sme výrazne zvýšili presnosť a relevanciu našich analýz a eliminovali možné skreslenia výsledkov v dôsledku neprávneho priradenia úrovní vzdelania.

Pri tvorbe nášho modelu sme vychádzali z metodológie Engberg et al. (2023), ktorí vo svojej štúdií „*Artificial Intelligence, Tasks, Skills and Wages: Worker-Level Evidence from Germany*“ skúmali, či budú vplyvy na mzdy v povolaniach, ktoré sú charakterizované vysokou ohrozenosťou AI v porovnaní s povolaniami s vysokou ohrozenosťou priemyselnými robotmi podobné. Engberg et al. (2023) v tejto súvislosti použili **meradlo ohrozenosti povolania od Webba** na meranie zmeny v mzdách, ako aj **index DAIOE**, ktorý si sám vyvinul na analýzu vplyvov vystavenia AI v čase na mzdy v rôznych povolaniach.

Pre kvantifikáciu vplyvov na mzdy, Engberg et al. (2023) použili regresný model, vyjadrený rovnicou:

$$\Delta \ln(wage)_{ioj} = \beta' Exp_o + \theta_o + \gamma' x_i + \lambda' z_j + \alpha_{(i,\tau)} + \mu_{J(i,t)} + \epsilon_{ioj}$$

kde  $\Delta \ln(wage)_{ioj}$  predstavuje rozdiel v logaritmickej dennej mzde medzi rokmi 2010 až 2017 pre jednotlivca  $i$ , v povolani  $o$  a na pracovisku  $j$ . Vektor  $Exp_o$  obsahuje dve hlavné nezávislé premenné: **vystavenie povolaní AI**, ktoré je kvantifikované pomocou dvoch indexov (statický index od Webba a dynamický index DAIOE) a **vystavenie povolaní**



**priemyselnými robotmi**, merané indexom od Webba. Vektor  $x_i$  predstavuje kontrolné premenné pracovníka, ako sú pohlavie, úroveň skúseností, úroveň vzdelania, migračný status a indikátory, či pracovník zostal v tom istom pracovisku a/alebo v tom isto povolání. Vektor  $z_j$  zahŕňa kontrolné premenné na úrovni pracoviska, vrátane logaritmu počtu pracovníkov, odvetvovej klasifikácie podľa NACE Rev.2 a regiónu (NUTS 3), kde sa pracovisko nachádza. Individuálne fixné efekty,  $\alpha_{(i,\tau)}$ , predstavujú fixné efekty pre jednotlivca  $i$  v časovom období  $\tau$ . Tieto efekty zachytávajú vplyv časovo nezmeniteľných charakteristík pracovníkov (napr. pracovné návyky, inteligencie), ktoré nie sú priamo merateľné, ale majú vplyv na mzdy. Fixné efekty pracoviska,  $\mu_{J(i,t)}$ , predstavujú fixné efekty pre pracovisko  $j$ , kde jednotlivec  $i$  je zamestnaný v čase  $t$ . Tieto efekty zachytávajú časovo nezmeniteľné charakteristiky pracoviska (napr. pracovné podmienky, lokalita, odvetvie), ktoré nie sú priamo merateľné, ale majú vplyv na mzdy zamestnancov. Nakoniec  $\epsilon_{ioj}$  zachytáva náhodné fluktuácie v mzdách, ktoré nie sú vysvetlené týmto modelom.

Inšpirovaní jeho prístupom, sme aj my vykonali analýzu pomocou dvojakého spôsobu merania ohrozenosti AI, avšak s tým rozdielom, že sme si namiesto použitia existujúceho indexu určili vlastný ukazovateľ založený na podiele online inzerátov vyžadujúce AI zručnosti. Tento ukazovateľ nám umožňuje sledovať dynamiku trhu práce a jej dopad nielen na mzdy, ale aj na zamestnanosť.

Použitie tohto ukazovateľa, ktorý sme zatiaľ v literatúre nezaznamenali, prináša nový rozmer do pochopenia vplyvov AI na pracovný trh, čo predstavuje významnú pridanú hodnotu našej práce.

Na preskúmanie vplyvu AI na mzdy a zamestnanosť v rôznych regiónoch, povolaniach a odvetviach sme vykonali analýzu na základe nasledujúcich regresných rovníc:

$$\ln(Mzda_{ioj}) = \beta_0 + \beta_1 Exp_{ioj} + \beta_2 X_{ioj} + \beta_3 Y_{ioj} + \alpha_j + u_{ioj}$$

$$\ln(Zamestnanosť'_{ioj}) = \beta_0 + \beta_1 Exp_{ioj} + \beta_2 X_{ioj} + \beta_3 Y_{ioj} + \alpha_j + u_{ioj}$$

kde  $\ln(Mzda_{ioj})$  a  $\ln(Zamestnanosť'_{ioj})$  sú prirodzené logaritmy mzdy a zamestnanosti pracovníka  $i$ , v povolání  $o$  a v krajine  $j$  v období rokov 2019 a 2020, vektor  $Exp_{ioj}$  obsahuje dve hlavné nezávislé premenné, ktorými sú index ohrozenosti AI od Webba

a ukazovateľ podielu online inzerátov vyžadujúcich AI zručnosti pre pracovníka  $i$ , v povolani  $o$  a v krajine  $j$ . Vektor  $X_{ioj}$  zahŕňa vedľajšie nezávislé premenné, ktorými sú ostatné Webbove indexy ohrozenosti spôsobené inými technologickými pokrokmi ako sú priemyselné roboty a softvér. Vektor  $Y_{ioj}$  obsahuje kontrolné demografické premenné ako pohlavie, vek a úroveň vzdelania. Napokon koeficient  $\alpha_j$  predstavuje fixný efekt krajiny  $j$  a  $u_{ioj}$  štandardnú odchýlku.

V empirickej časti našej diplomovej práce sa primárne zameriame na analyzovanie dopadu AI na mzdy a zamestnanosť v Európskej únii. Použijeme regresné modely na kvantifikáciu tohto vplyvu v rôznych regiónoch, a definovanie smeru vplyvu (či ide o pozitívny alebo negatívny) v povolaniach a odvetviach. Naším cieľom je poskytnúť dôveryhodné výsledky, ktoré objasnia, ako technologické zmeny formujú európsky pracovný trh.

Pri vyhodnocovaní a interpretácii výsledkov získaných z regresných modelov sa budeme opierať o nasledujúce hypotézy, ktoré sú odvodené z existujúcich štúdií, ktoré taktiež analyzovali dopady automatizácie na trh práce pomocou rôznych indexov ohrozenosti. Tieto hypotézy nám umožnia overiť, či zistené vplyvy automatizácie na mzdy a zamestnanosť sú v súlade s očakávaniami a predikciami uvedenými v literatúre:

**Hypotéza 1 (H1):** Povolania s vyššou ohrozenosťou nahradenia AI zaznamenávajú vyššiu rast miezd než povolania ohrozené priemyselnými robotmi. (Engberg et al., 2023)

**Hypotéza 2 (H2):** V povolaniach s vyššou ohrozenosťou nahradenia AI sa v priemere zvýši podiel zamestnanosti. (Albanesi et al., 2023)

**Hypotéza 3 (H3):** Aj napriek heterogenite medzi jednotlivými krajinami EÚ nie je vo všeobecnosti zaznamenaný významný pokles zamestnanosti v povolaniach, ktoré sú považované za vysoko ohrozené AI. (Albanesi et al., 2023)

**Hypotéza 4 (H4):** Povolania ovplyvnené AI vykazujú pozitívnu, avšak malú zmenu miezd. (Felten et al., 2019)

Pre každú hypotézu existuje príslušná nulová hypotéza, ktorá predpokladá, že špecifikovaný efekt automatizácie na mzdy alebo zamestnanosť nie je signifikantný. Navyše, keďže

vidíme, že niektoré z našich hypotéz zahŕňajú ohrozenosť povolání priemyselnými robotmi, je nevyhnutné čiastočne sa venovať aj tomuto aspektu v našej analýze.

Celkovo povedané, tieto hypotézy nám slúžia ako referenčný rámec pri vyhodnocovaní získaných dát. Ich potvrdenie alebo vyvrátenie prostredníctvom našej regresnej analýzy poskytne dôležité pohľady na to, ako automatizácia transformuje pracovný trh, čo je zásadné pre formuláciu politických odporúčaní a strategických rozhodnutí na zvládanie týchto technologických zmien.

## 4 Výsledky práce a diskusia

V prvej časti tejto kapitoly sa podrobne venujeme analýze súčasných trendov v požiadavkách na zručnosti v oblasti AI. Preskúmame nielen celkový vývoj tohto dopytu v krajinách V4, ale tiež sledujeme, ako sa vzdelávacie požiadavky v tejto oblasti menili v čase. Zisťujeme, ktoré pracovné povolania najčastejšie vyžadujú AI zručnosti a analyzujeme, ktoré konkrétne zručnosti sú najviac vyhľadávané v online inzerátoch na pracovne miesta.

V ďalšej časti kapitoly detailne skúmame, ako automatizácia, najmä prostredníctvom umelej inteligencie, ovplyvňuje mzdy a zamestnanosť. Tento vplyv hodnotíme použitím dvoch ukazovateľov – ohrozenosti povolaní AI a dopytu po AI zručnostiach. Detailne analyzujeme dopad AI na ekonomické faktory v rôznych regiónoch Európskej únie, pričom kladieme dôraz aj na špecifické skupiny povolaní a vybrané odvetvia.

### 4.1 Deskriptívna štatistika

Deskriptívna časť tejto diplomovej práce sa bude venovať podrobnej analýze údajov získaných z dashboardu *Twin transition skills*, ktorý ponúka cenné informácie o trhu práce v celej Európskej únii, s osobitným zameraním na AI povolania. Tento dashboard, ako nástroj pre sledovanie vývoja dopytu po AI a zelených zručnostiach, umožňuje hĺbkový pohľad na dynamiku trhu práce a je neoceniteľným zdrojom pre identifikáciu trendov a potrieb v oblasti AI.

Hoci dashboard poskytuje údaje aj o zelených povolaniach, naša analýza bude výhradne sústredená na povolania spojené s AI, reflektujúc našu snahu pochopiť, ako digitalizácia a technologický pokrok formujú európsky trh práce. Výber zamerania na AI povolania nás vedie k preskúmaniu, ako sa zvyšujúci dopyt po AI zručnostiach odráža v počte pracovných ponúk, úrovni vyžadovaného vzdelania, špecifických zamestnaniach a kľúčových zručnostiach, ktoré sú požadované v rôznych sektoroch a krajinách EÚ.

AI povolania, ako dynamický a rýchlo sa rozvíjajúci segment trhu práce, sú ukázkou toho, ako inovácie formujú budúcnosť zamestnanosti. Tieto povolania často vyžadujú komplexný súbor technických zručností, ako strojové učenie, hlboké učenie, analýzu dát, vývoj softvéru a schopnosť práce s rôznymi AI platformami. Tento trend naznačuje posun smerom k vysokej

potrebe špecializovaného vzdelávania a odbornej prípravy, aby boli pracovníci schopní zvládať nároky týchto pozícií.

Zameranie na AI povolania v našej analýze nám tiež umožní hodnotiť, aké zručnosti sú najviac žiadané zamestnávateľmi a ako sa tento dopyt mení v čase. Zaujímavým aspektom bude pozorovanie rozdielov v dopyte po AI zručnostiach medzi jednotlivými krajinami EÚ, čo nám môže poskytnúť dôležité poznatky o regionálnych špecifikách a potenciálnych výzvach pre vzdelávací systém a politiky trhu práce.

Napriek tomu, že sme sa rozhodli nezahrnúť analýzu zelených povolaní, uvedomujeme si ich rastúci význam v kontexte udržateľného rozvoja a ekologickej transformácie. Naša pozornosť však zostáva sústredená na AI povolania, s cieľom poskytnúť hlboký a sústredený pohľad na tento kľúčový segment trhu práce, ktorý bude zásadný pre budúcu konkurencieschopnosť a inovácie v Európskej únii.

### **Twin transition skills**

*Dashboard Twin transition skills* je súčasťou projektu organizácie *Bruegel*, ktorý podporuje Centrum pre inkluzívny rast Mastercard. Jeho tvorcami sú **Giulia Gotti**, **Duygu Guner** a **Fabian Stephany** a je vyhotovený na základe údajov poskytnutými spoločnosťou *Lightcast*, ktorá je globálnym lídrom v analýze údajov trhu práce. Spoločnosť *Lightcast* detailne zhromažďuje a kategorizuje informácie z online inzerátov pracovných miest na internete do rozsiahlej databázy online údajov o voľných pracovných miestach (Online job vacancy, ďalej len OJV).

Nami vybratom dashboarde sú zobrazené tri hlavné ukazovatele odvodené z tejto databázy, a to: **požadované zručnosti** pre prácu, **potrebná úroveň vzdelania** a **špecifické pracovné povolania**, ktoré sú zaradené v zozname podľa požiadaviek OJV.

Na identifikáciu pracovných povolaní, s použitím informácií o požadovaných zručnostiach, do kategórií AI a zelené pracovné povolania sa používa tzv. *bottom-up prístup*. Ak je na voľnom pracovnom mieste uvedená aspoň jedna zručnosť, ktorá je podľa taxonómie zručností vytvorenej spoločnosťou *Lightcast* definovaná ako AI/zelené pracovné povolanie, potom je toto voľné pracovné miesto klasifikované ako AI/zelené pracovné povolanie.

## Taxonómia zručností

Vyhotovená taxonómia zručností dôkladne začleňuje kompetencie potrebné na trhu práce v rámci dvoch kľúčových oblastí – AI povolania a zelené povolania. Napriek tomu, že taxonómia zahŕňa oba tieto segmenty, naše zameranie sa obmedzuje výhradne na AI zručnosti a tak si v tejto práci opíšeme najaktuálnejšiu verziu zoznamu zručností<sup>3</sup>, ktoré spoločnosť Lightcast vypracovala pre AI povolania.

Spoločnosť Lightcast rozdelila zručnosti spojené s umelou inteligenciou do siedmich hlavných kategórií. Tieto kategórie zahŕňujú: 1) systémy založené na expertných znalostiach; 2) technológie pre autonómnu mobilitu; 3) metódy strojového učenia; 4) techniky na analýzu a spracovanie prirodzeného jazyka; 5) vývoj a aplikácie neurónových sietí; 6) pokročilé robotické systémy; 7) algoritmy pre rozpoznávanie obrazu.

Tým, že zoznam zručností je veľmi rozsiahly a jeho úplné uvedenie by bolo vyčerpávajúce, sústredíme sa len na tie zručnosti, ktoré sú najrelevantnejšie pre krajiny, na ktoré sa naša analýza zameriava. Stručné zhrnutie zoznamu zručností týkajúce sa umelej inteligencie znázorňuje nasledujúca tabuľka:

**Tabuľka 3: Vybrané zručnosti v oblasti AI**

<b>Vybrané zručnosti</b>	<b>Vybrané zhrnutie a charakteristika</b>
<b>Systémy založené na expertných znalostiach</b>	
<b>Intelligent Systems</b>	Systémy schopné samostatného učenia a vykonávania zložitých úloh
<b>Generative Artificial Intelligence</b>	AI schopná vytvárať nový obsah alebo dáta, ako sú obrázky alebo text
<b>Technológie pre autonómnu mobilitu</b>	
<b>OpenCV</b>	Otvorená knižnica počítačové videnie, ktorá poskytuje nástroje pre analýzu obrazu a videa.
<b>Advanced Driver Assistance Systems</b>	Systémy podporujúce vodičov pri riadení vozidiel a zvyšujúce bezpečnosť cestnej premávky.
<b>Metódy strojového učenia</b>	
<b>Apache Spark</b>	Výkonný rámec pre rýchle spracovanie veľkých dát a analýzu.
<b>Variational Autoencoders</b>	Technika pre hlboké učenie využívaná na generovanie komplexných dátových distribúcií.

<sup>3</sup> Posledná aktualizácia 10.január 2024

<b>Support Vector Machine</b>	Efektívny algoritmus pre klasifikáciu a regresnú analýzu.
<b>PyTorch (Machine Learning Library)</b>	Flexibilná knižnica určená pre strojové učenie, ktorá umožňuje efektívne experimentovanie a rýchly vývoj aplikácií.
<b>MLOps (Machine Learning Operations)</b>	Praktiky na efektívne nasadzovanie a monitorovanie modelov strojového učenia v produkčnom prostredí.
<b>Machine Learning Algorithms</b>	Algoritmy používané na tréning modelov strojového učenia.
<b>Techniky na analýzu a spracovanie prirodzeného jazyka</b>	
<b>Chatbot</b>	Programy na simuláciu konverzácie s ľudskými používateľmi
<b>Machine Translation</b>	Použitie AI na automatický preklad textu alebo reči z jedného jazyka do druhého
<b>Natural Language Processing</b>	Technológie na analýzu, porozumenie a generovanie prirodzeného jazyka
<b>Amazon Alexa</b>	Virtuálny asistent od Amazonu, ktorý reaguje na hlasové príkazy
<b>Natural Language Understanding</b>	Schopnosť AI porozumieť a interpretovať ľudskú reč
<b>Speech Recognition</b>	Technológie umožňujúce počítačom rozpoznávať a spracovávať ľudskú reč
<b>Vývoj a aplikácie neurónových sietí</b>	
<b>Deep Learning</b>	Pokročilý typ strojového učenia zameraný na modelovanie vysokoúrovňových abstrakcií v dátach
<b>TensorFlow</b>	Otvorená platforma pre strojové učenie, ktorá podporuje hlboké učenie a široké spektrum ďalších ML algoritmov
<b>Artificial Neural Networks</b>	Siete inšpirované biologickými neurónovými sieťami na modelovanie zložitých vzorov a vzťahov v dátach
<b>Pokročilé robotické systémy</b>	
<b>Robot framework</b>	Nástroj pre automatizované testovanie softvéru, ktorý umožňuje tvorbu testovacích scenárov s vysokou čitateľnosťou
<b>Algoritmy pre rozpoznávanie obrazu</b>	
<b>Computer Vision</b>	Systémy schopné rozpoznávať a spracovávať vizuálne informácie z reálneho sveta
<b>Digital Image Processing</b>	Techniky na manipuláciu s digitálnymi obrazmi za účelom zlepšenia alebo extrakcie informácií

Zdroj: Lightcast, vlastné spracovanie

### *4.1.1 Podrobná analýza trendov v dopyte po AI zručnostiach*

V súčasnej dobe, keď sa digitálna transformácia a udržateľný rozvoj stávajú kľúčovými prioritami pre ekonomiky na celom svete, sa zručnosti v oblasti AI ukazujú byť v epicentre záujmu mnohých krajín. Ekonomiky krajín V4 vykazujú množstvo podobností, čo nám umožňuje ich efektívne porovnanie a analýzu. Práve tieto spoločné charakteristiky nás viedli k rozhodnutiu sústrediť našu pozornosť na tieto štyri krajiny, s cieľom hlbšie pochopiť dynamiku dopytu po zručnostiach v oblasti AI a identifikovať potenciálne vzory a trendy, ktoré by mohli formovať budúci vývoj trhu práce v danom regióne. Naš popis vývoja dopytu po AI zručnostiach sme obmedzili len na tento regionálny rámec, pretože rozšírenie analýzy na celú EÚ by spôsobilo presah našich kapacít práce a znemožnilo by realizáciu takejto detailnej analýzy ako v menšom regióne.

Dostupné údaje pre Slovensko, Česko, Poľsko a Maďarsko, rovnako ako pre väčšinu členských štátov Európskej únie, sú uvedené v danom dashboarde od januára 2019, s výnimkou Cyprusu, Lotyšska, Malty a Slovinska, pre ktoré sú dáta uvedené od začiatku roka 2021 (Lotyšsko, Malta a Slovinsko od januára 2021 a Cyprus od apríla 2021).

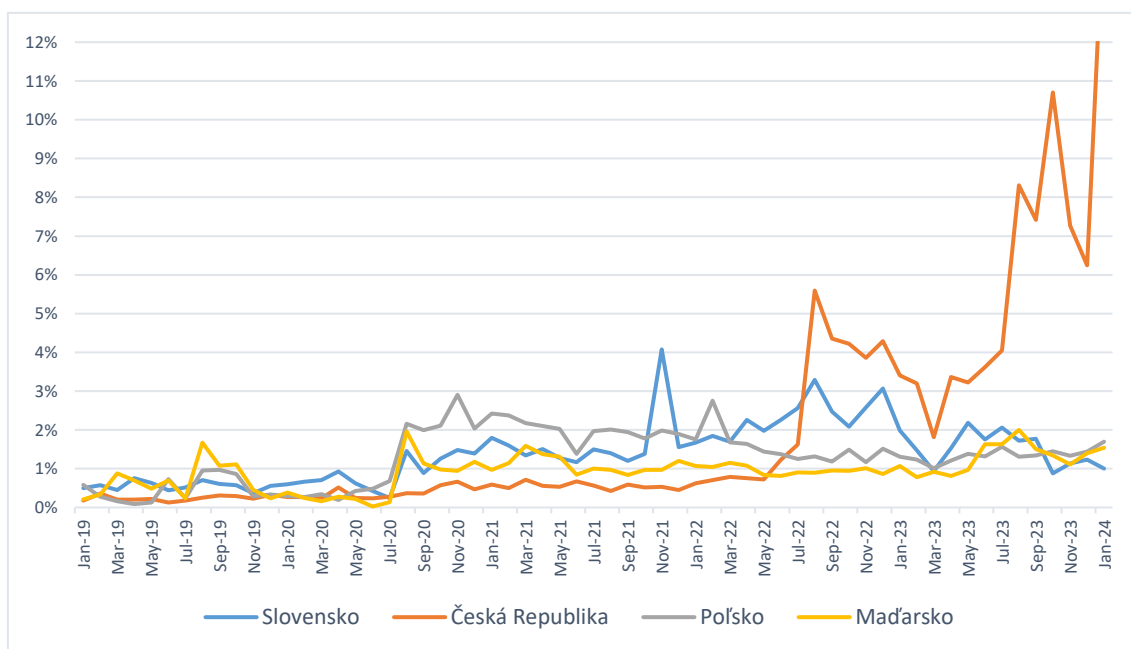
Pomocou metodiky založenej na dôkladnom preskúmaní dostupných dát z dashboardu sa pokúsime odhaliť, ako sa zručnosti v oblasti umelej inteligencie vyvíjajú a akú úlohu zohrávajú v kontexte trhu práce v jednotlivých krajinách V4. Rozbor týchto dát nám umožní nielen lepšie porozumieť súčasnému stavu a potenciálu AI zručností v regióne, ale tiež predložiť odporúčania pre politikov, vzdelávacie inštitúcie a zainteresované strany, ako najlepšie podporiť rozvoj týchto zručností pre budúcnosť.

#### **Počet pracovných ponúk v oblasti AI**

Začnime medzinárodným porovnaním zavádzania AI meraným podielom pracovných ponúk zamestnávateľov v jednotlivých krajinách, v ktorých sa uvádzajú zručnosti v oblasti umelej inteligencie. Do grafu sme zahrnuli údaje štyroch skúmaných krajín a podľa údajov zobrazených v grafe je zrejmé, že dopyt zamestnávateľov po umelej inteligencii sa za posledných 5 rokov výrazne zvýšil na každom z týchto trhov práce, pričom vo všetkých štyroch krajinách sa podiel pracovných miest, v ktorých sa vyžaduje zručnosť v oblasti umelej inteligencie od roku 2019 minimálne zdvojnásobil, s výnimkou Českej republiky, kde je aktuálne podiel viac ako mnohokrát vyšší ako v januári 2019.



**Graf 1: Podiel umelej inteligencie na celkovom počte inzerátov podľa krajín V4, 2019 – 2024**



Zdroj: Bruegel, vlastné spracovanie

Na začiatku roka 2019, kedy mala Česká republika zo všetkých krajín V4 najmenší podiel pozícií súvisiacich s umelou inteligenciou na celkovom počte inzerátov, len 1,76 z každých 1 000 ponúk, k januáru 2024 tento počet výrazne narástol na 155,21. Tento enormný nárast v dopyte po AI odborníkoch, je odrazom priamych výsledkov jej odhodlania a strategickej vízie v podobe nasadenia „*Národní strategie umělé inteligence v České republice*“, ktorú ako jedna z prvých európskych krajín schválilo a implementovalo české *Ministerstvo priemyslu a obchodu* v máji 2019. Môžeme tvrdiť, že táto stratégia od roku 2019 posunula Českú republiku na vedúcu pozíciu v tejto oblasti medzi krajinami V4, čím si potvrdilo status lídra v zavádzaní a rozvoji AI. Strategický prístup nielenže určil smer, ktorým sa Česká republika uberá k dosahovaniu významného pokroku a inovácií v AI, ale tiež zvýšil dopyt po zručnostiach v oblasti umelej inteligencie na trhu práce. Závazok k rozvoju a aplikácii AI technológií znamenal, že zručnosti v AI sa stávajú čoraz viac vyžadovanými na voľných pracovných miestach, čím sa poskytuje pevný základ pre ďalšie pokroky v digitálnej transformácii krajiny a zároveň sa otvára cesta pre odborníkov a pracovníkov, aby sa zapojili do tohto rýchlo rastúceho sektora.

Významný nárast podielu zručností v AI na celkovom počte inzerátov v Českej republike nastal v strede roka 2022, kedy bolo spustené *Európske centrum excelencie* v oblasti umelej inteligencie pre bezpečnosť a ochranu občanov, ktorého hlavnými cieľmi sú podpora výskumu,

spolupráce a nasadzovanie nových aplikácií v oblasti AI. Už v roku 2019 bolo cieľom v budúcnosti vytvoriť Európske centrum excelencie v AI na báze konzorcia akademických výskumných pracovísk (České vysoké učení technické, Univerzita Karlova a Masarykova univerzita), ktoré by bolo pod priamou koordináciou Ministerstva priemyslu a obchodu spolu s ďalšími národnými výskumnými centrami a partnermi v rámci V4 a regiónu Strednej Európy. Taktiež v roku 2022 naďalej dochádzalo k budovaniu siete európskeho digitálneho inovačného centra (EDIH), ktorého súčasťou je aktuálne 6 subjektov z Českej republiky (údaj z februára 2023), čo môžeme považovať ako ďalší úspech tejto stratégie a možný dôvod, ktorý povzbudil nárast požiadaviek na AI vo voľných pracovných miestach v krajine.

Ministerstvo priemyslu a obchodu počas roka 2022 vypracovalo vyhodnotenie pokroku v plnení cieľov tejto stratégie, ktoré bolo v apríli 2023 predložené vláde Českej republiky pod názvom „*Informace o plnění a aktualizaci Národní strategie umělé inteligence v České republice*“. Na základe tohto dokumentu sa v rokoch 2023 a 2024 očakáva aktualizácia Národnej stratégie umelej inteligencie Českej republiky, ktorá zohľadní výsledky jej doterajšieho hodnotenia, národné ciele digitálnej stratégie a medzinárodné odporúčania. Tento proces, ako uviedol vrchný riaditeľ sekcie digitalizácie a inovácií Peter Očko, zahŕňa zapojenie kľúčových aktérov z digitálneho ekosystému AI, čím sa zabezpečí, že aktualizovaná stratégia bude odrážať aktuálne potreby a trendy v oblasti AI. Finálny dokument by mal byť predstavený počas roka 2024.

Z poskytnutých informácií vyplýva, že Česká republika aktívne podniká kroky s cieľom zlepšiť využitie AI na národnej úrovni. Tieto opatrenia prispievajú k rastúcej potrebe po AI zručnostiach na trhu práce v Českej republike. Konkrétne, v roku 2024 sa očakáva, že zručnosti v oblasti AI budú požiadavkou vo viac ako 15,52 % všetkých pracovných ponúk.

Pokiaľ ide o trh práce zvyšných troch krajín, celkový trend je v Poľsku, Maďarsku a Slovensku veľmi podobný a v súčasnosti je na druhom mieste zo štyroch zobrazených krajín Poľsko s 1,70% pracovných ponúk, v ktorých sa uvádzajú zručnosti v oblasti AI, a napokon Maďarsko, ktoré bude v roku 2024 nasledovať s 1,54%. Na danom grafe sú znázornené údaje aj za Slovensko od januára 2019 do januára 2024 na ktorom vidíme, že za 5 rokov sa podiel AI na všetkých pracovných miestach zvýšil z približne 0,5% v roku 2019 na takmer 1% v roku 2024, pričom rastúci trend bude pravdepodobne pokračovať aj v nasledujúcich mesiacoch aktuálneho roka. Aj keď sa na Slovensku očakáva budúci rast, v porovnaní s ostatnými

vybranými štátmi sa umiestňuje na chvoste v zastúpení pracovných ponúk, v ktorých sa uvádzajú zručnosti v oblasti umelej inteligencii.

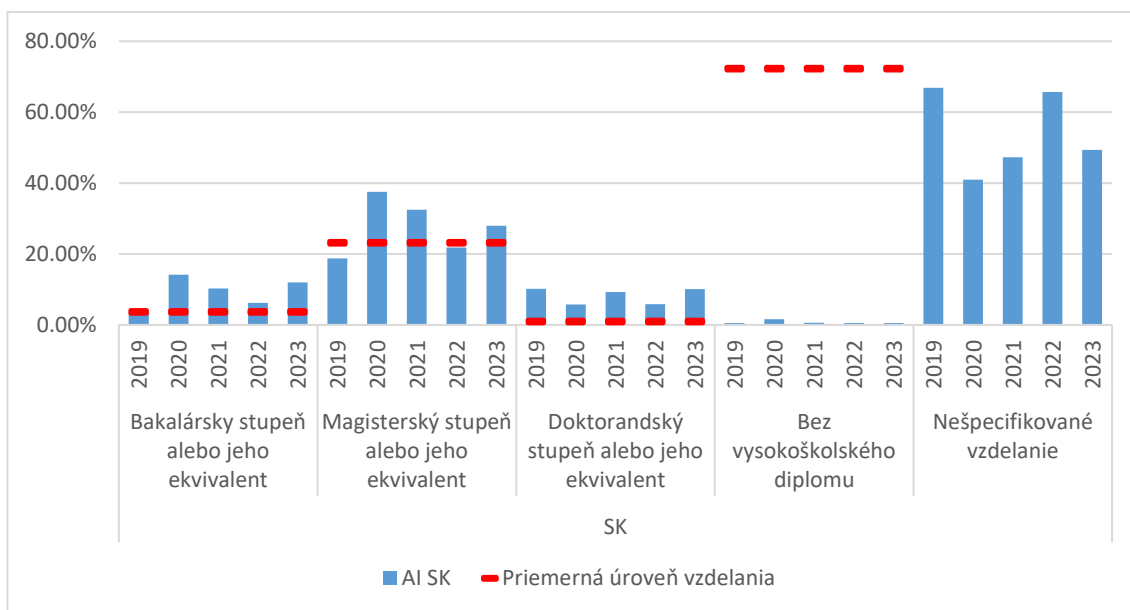
V priebehu piatich rokov došlo v týchto krajinách k udalostiam, ktoré signifikantne ovplyvnili tento vývoj. Napríklad v strede roku 2020 sme zaznamenali výrazný nárast ponúk pracovných pozícií vyžadujúcich znalosti v oblasti AI na trhoch práce Slovenska, Poľska a Maďarska. Tento trend bol spôsobený pandémiou COVID-19, ktorá urýchlila digitálnu transformáciu podnikov a zvýšila dopyt po AI a automatizačných technológiách na podporu diaľkovej práce a efektívnejších procesov. Môžeme tvrdiť, že dopyt po odborníkoch v oblasti AI rástol, keďže podniky hľadali ľudí, ktorí by im pomohli s implementáciou týchto technológií do ich systémov. Jedným z možných dôvodov, prečo v období začiatku pandémie COVID-19 nedošlo v Českej republike k významnej zmene v počte inzerátov zameraných na znalosti v oblasti umelej inteligencie, je vysoká úroveň pripravenosti krajiny na prechod práce do virtuálneho prostredia, čo potenciálne znížilo negatívne vplyvy na ekonomiku a spoločnosť ako takú.

Taktiež prijatie dokumentu „*Politika rozvoja umelej inteligencie v Poľsku od roku 2020*“ výborom rady ministrov pre digitalizáciu považujeme za jeden z možných vysvetlení krátkodobého výkyvu na poľskom trhu práce v novembri 2020.

### **Vzdelávacie požiadavky v online inzerátoch na voľné pracovné miesta**

Na nasledujúcich grafoch sú prezentované podiely zručností v sfére AI podľa dosiahnutého vzdelania v danej krajine. Pre ich vytvorenie sme použili databázu od Bruegel, ktorá je zostavená kombináciou údajov získaných z Eurostatu a Lightcastu. Úrovne vzdelania sú vypočítané pre obyvateľstvo v produktívnom veku (25 až 64 rokov) a sú znázornené v piatich kategóriách ako: *bakalársky stupeň* alebo jeho ekvivalent; *magisterský stupeň* alebo jeho ekvivalent; *doktorandský stupeň* alebo jeho ekvivalent; *osoby bez vysokoškolského diplomu* a *osoby, kde vzdelanie nebolo špecifikované*. Na zobrazenom grafe symbolizujú červené obdĺžniky priemernú úroveň vzdelania danej krajiny za určitý kalendárny rok

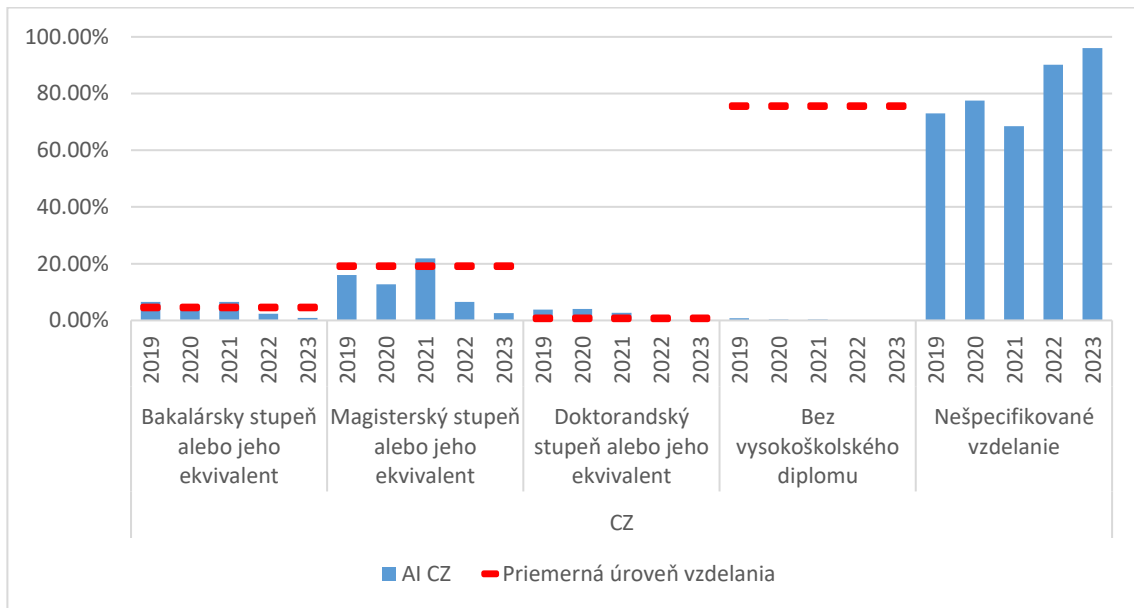
**Graf 2: Podiel zručností umelej inteligencie podľa úrovně vzdelania na Slovensku, 2019 - 2023**



Zdroj: Bruegel, vlastné spracovanie

Na zobrazenom grafe č.2 môžeme vidieť ako sa na slovenskom trhu práce menili v čase vzdelávacie požiadavky v online inzerátoch na voľné pracovné miesta v oblasti AI. Môžeme z grafu vyčítať, že v súčasnosti (posledný údaj za 2023) takmer polovica pracovných miest (49,37%) v oblasti AI si nevyžaduje formálne vzdelanie, zatiaľ čo druhá polovica online inzerátoch na voľné pracovné miesta v oblasti AI si vyžaduje nejakú určitú úroveň vysokoškolského vzdelania a to buď 12% bakalárske vzdelanie, 28,01% magisterské vzdelanie alebo doktorandské vzdelanie na úrovni 10,06%. Pri porovnaní dát v čase si môžeme všimnúť, že v roku 2019 na slovenskom trhu práce až na 66,85% pracovných miest v sfére umelej inteligencie sa nevyžadovalo formálne vzdelanie a zvyšná časť požiadaviek bola na formálne vzdelanie. Tento trend naznačuje, že na slovenskom trhu práce náborové firmy ešte stále kladú väčší dôraz na to, aké majú uchádzači formálne vzdelanie, na akej univerzite študovali alebo s akým titulom univerzitu vyštudovali. To zdôrazňuje, že v slovenskom pracovnom prostredí je formálne vzdelanie stále kľúčovým faktorom pri výbere kandidátov.

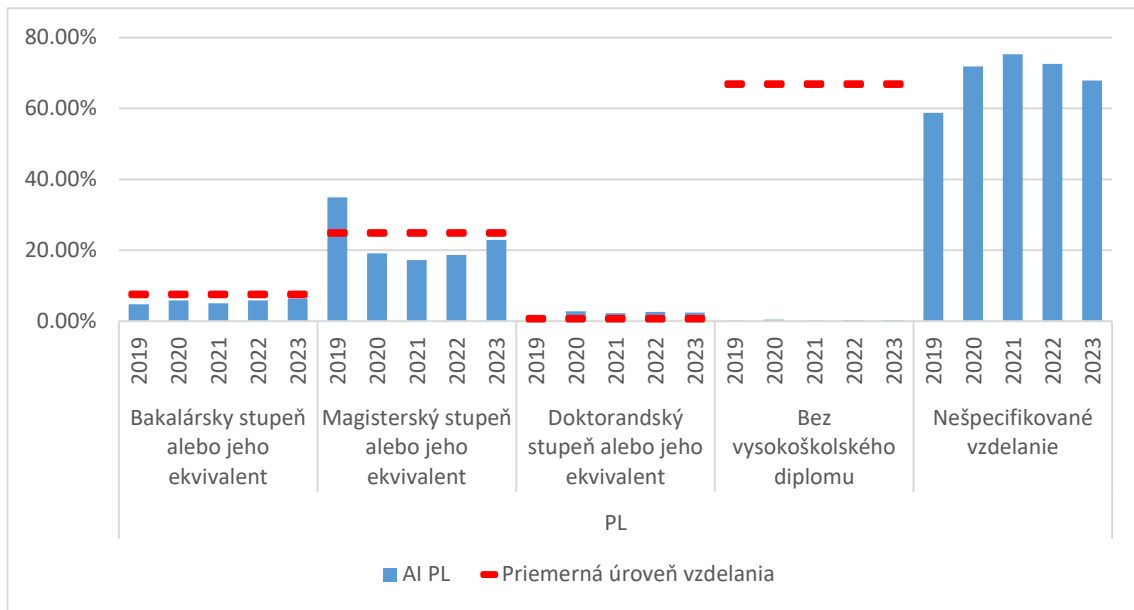
**Graf 3: Podiel zručností umelej inteligencie podľa úrovně vzdelania v Českej republike, 2019 - 2023**



Zdroj: Bruegel, vlastné spracovanie

Analýza českého trhu práce v rámci toho aká úroveň vzdelania je potrebná na voľné pracovné miesta so zameraním na AI zručnosti naznačuje, že s plynúcim časom formálne vzdelanie postupne stráca na svojej hodnote, čo signalizuje zmenu v náborových stratégiách firiem, ktoré sa viac . Z grafu č.3 môžeme vyčítať, že od roku 2019, keby sa na 73,02% pracovných miest nevyžadovalo formálne vzdelanie sa toto percento pracovných miest ešte viac zvýšilo, a to na 96% pracovných miest, ktoré si nevyžadujú v oblasti umelej inteligencie formálne vzdelanie. Počet požiadaviek na formálne vzdelanie bol v rokoch 2019 až 2021 vyšší, no aktuálne stráca na svojej dôležitosti. Bakalárske vzdelanie kleslo z 6,47% (2019) na 0,92% (2023), magisterské vzdelanie z 16,01% (2019) na 2,55% (2023) a doktorandské vzdelanie z 3,78% (2019) na 0,41% (2023). Z uvedených hodnôt môžeme však analyzovať, že z formálneho vzdelania je magisterské najviac významné, čiže môžeme tvrdiť, že tento stupeň vzdelania sa ukazuje ako najvýraznejší pri posudzovaní vplyvu na rozvoj AI zručností v rámci formálnych vzdelávacích úrovní. Po analýze dát môžeme tvrdiť, že Česká republika, ako jedna z lídrov v digitálnej transformácii v rámci EÚ, ukazuje trend, kde formálne vzdelanie ustupuje do pozadia. Zamestnávateľia sa viac orientujú na praktické zručnosti a schopnosti uchádzačov, čo odráža zmeny v prioritách na trhu práce v dynamicky sa vyvíjajúcom digitálnom prostredí.

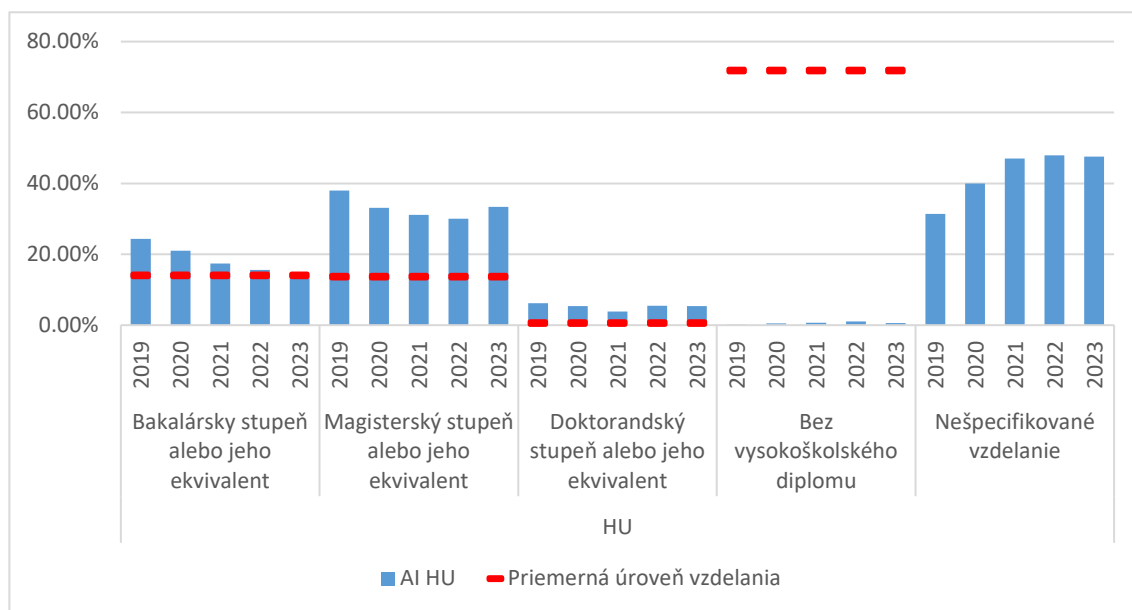
**Graf 4: Podiel zručností umelej inteligencie podľa úrovně vzdelania v Poľsku, 2019 - 2023**



Zdroj: Bruegel, vlastné spracovanie

Graf č. 4 nám prezentuje vzdelávacie požiadavky na pracovné pozície v oblasti AI na poľskom trhu práce. Za posledný rok vzorky bolo 67,93% AI pracovných ponúk, ktoré nevyžadovali špecifikované formálne vzdelanie. Na druhej strane, takmer štvrtina ponúk, až 22,92%, preferovala kandidátov s magisterským titulom a približne 6,40% hľadala uchádzačov aspoň s bakalárskym titulom. Pozorovaním trendov od roku 2019 do 2023 vidíme, že väčšina pracovných ponúk v AI v Poľsku nekladie dôraz na formálne vzdelanie. Tento trend je konzistentný počas rokov, kde viac ako polovica inzerátov neobsahuje požiadavku na určitý vzdelávací stupeň. Zaujímavé je, že požiadavky na magisterské vzdelanie zostávajú pomerne stabilné a pohybujú sa približne v rozmedzí od 25% do 35%, čo naznačuje udržiavanú hodnotu vyššieho vzdelania na trhu práce. Podobný trend je vidieť pri bakalárskom vzdelaní, ktoré požiadavky sa rok čo rok udržiavajú okolo 6%.

**Graf 5: Podiel zručností umelej inteligencie podľa úrovně vzdelania v Maďarsku, 2019 - 2023**



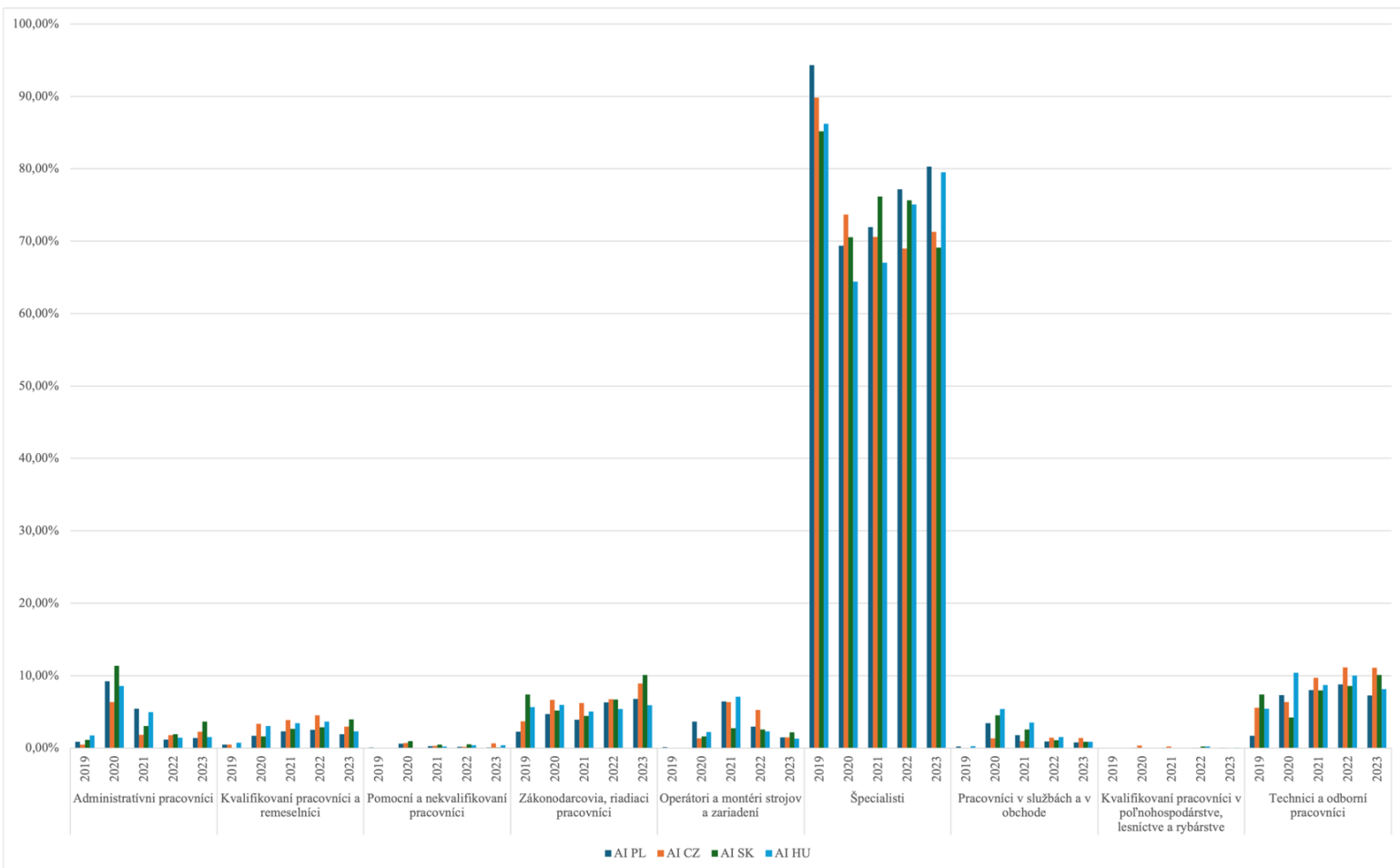
Zdroj: Bruegel, vlastné spracovanie

Pokiaľ ide o trh práce na území Maďarska, situácia vykazuje výrazné podobnosti so stavom v Slovenskej republike. Až 47,52% pracovných miest, čo predstavuje skoro polovicu z celkového počtu, si v oblasti AI nevyžaduje formálne vzdelanie, zatiaľ čo druhá polovica si vyžaduje buď bakalárske vzdelanie na 13,16% pracovných miestach, 33,38% pracovných miest si vyžaduje magisterské vzdelanie alebo 5,37% doktorandské vzdelanie. Zaujímavé je, že v Maďarsku trend neformálneho vzdelania zaznamenal výrazný nárast - z 31,37% v roku 2019 na už spomínaných 47,52% - čo naznačuje dynamický posun smerom k prioritizácii praktických zručností nad formálnym vzdelaním v oblasti AI. Taktiež si môžeme všimnúť, že počet požiadaviek na formálne vzdelanie časom klesá, čo naznačuje menšiu dôležitosť klasifikácie uchádzačov podľa formálneho vzdelania v čase.

### **Podiel pracovných miest v oblasti AI naprieč vybranými povolaniami**

V nasledujúcej časti našej práce si opíšeme podiel zručností v oblasti umelej inteligencie medzi rôznymi profesijnými sektormi v krajinách V4. Používané údaje v tejto časti diplomovej práce, ktoré sú vytvorené spoločnosťou Bruegel a jej zamestnancami, sú čerpané z klasifikácie povolání ESCO (*European Skills, Competences, Qualifications and Occupations*), ktorá je iniciatívou Európskej únie zameranou na prepojenie zručností a povolání.

**Graf 6: Podiel zručností umelej inteligencie naprieč vybranými povolaniami v krajinách V4, 2019 - 2023**



Zdroj: Bruegel, vlastné spracovanie

Graf č.6 ilustruje rozloženie online inzerátov voľných pracovných miest v sfére AI medzi vybranými povolaniami. Z grafu je očividné, že v celom období, a to od roku 2019 až 2023 najväčšia koncentrácia AI pracovných miest je v kategórii "špecialisti", čo zodpovedá našim predpokladom o tom, kde dopyt po AI zručnostiach najvýraznejšie dominuje.

Môžeme si všimnúť, že pri porovnaní údajov z roku 2019 a 2023 je viditeľné že distribúcia AI pracovných miest je v súčasnosti vyrovnanjšia a menej zameraná na kategóriu „špecialisti“ ako v roku 2019. Napríklad v Českej republike bolo v roku 2019 až 89,81% AI pracovných miest sústredených na kategóriu „špecialisti“, na rozdiel od súčasného stavu kedy je už len 71,27% AI pracovných miest sústredených na túto profesijnú kategóriu. K poklesu došlo aj v ostatných krajinách, a to v Slovenskej republike z 85,19% (2019) na 69,13% (2023), v Maďarsku z 86,21% (2019) na 79,53% (2023) a v Poľsku bolo v roku 2019 až 94,31% AI pracovných miest sústredených na kategóriu „špecialisti“, kým v roku 2023 bolo



zaznamenaných len 80,28% pracovných miest so zameraním na umelú inteligenciu v danej kategórii povolání.

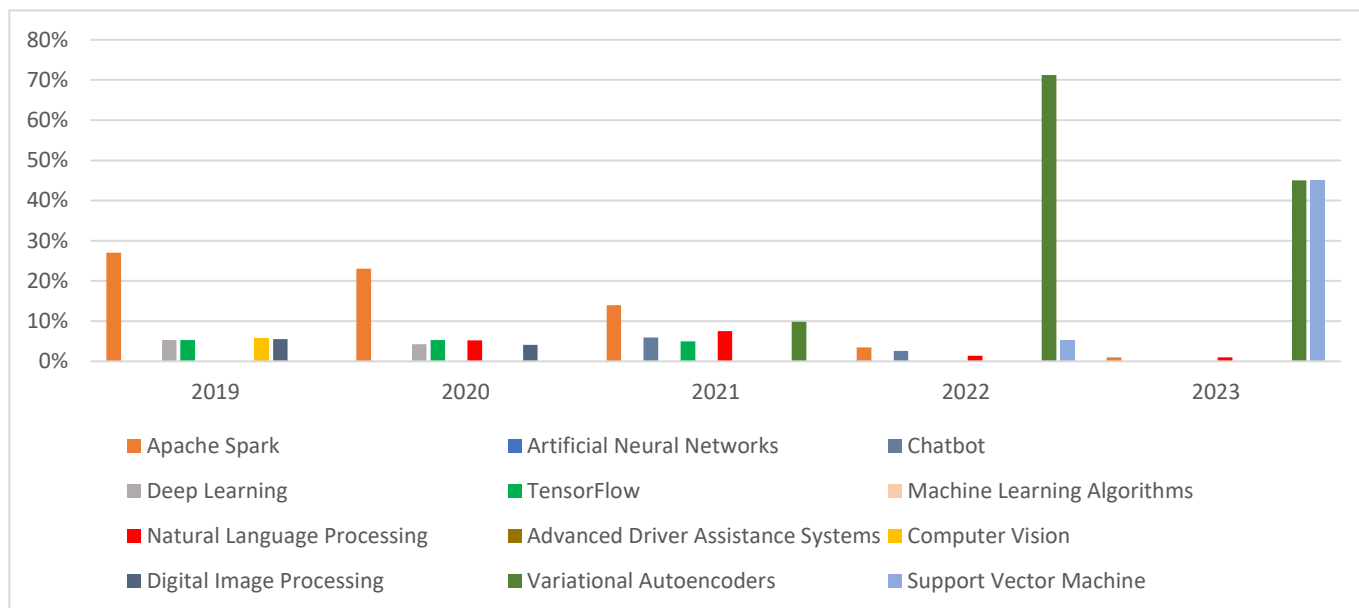
Namiesto toho sa v krajinách V4 začali AI pracovné miesta rozširovať aj v rámci iných povolání, napríklad v Poľsku je v roku 2023 až 6,79% AI pracovných miest sústredených na povolania kategórie „zákonodarcovia, riadiaci pracovníci“, kým v roku 2019 tomu tak nebolo, a v rámci tejto kategórie bolo na túto kategóriu sústredených len 2,25% AI pracovných miest. Nárast povolání začlenených do tejto kategórie nastal aj v Slovenskej republike a to z 7,41% (2019) na 10,10% (2023), v Českej republike z 3,70% (2019) na 8,90% (2023). Taktiež sa zvýšila sústredenosť na povolania v kategórii „technici a odborní pracovníci“ vo všetkých krajinách V4, a to v Poľsku z 1,69% (2019) na 7,27%, v Slovenskej republike z hodnoty 7,41% (2019) na 10,10% (2023), v Maďarsku nastal nárast z 5,42% (2019) na 8,14% (2023) a aj Českej republike z hodnoty 5,56% (2019) na 11,09% (2023).

### **Vyžadované zručnosti v oblasti AI na online inzerátoch pracovných miest**

V nasledujúcej časti sa budeme venovať analýze najžiadanejších zručností v oblasti AI pre krajiny V4 počas rokov 2019 a 2023. Táto téma je v súčasnosti veľmi aktuálna a púta značnú pozornosť, keďže zručnosti v AI sa stávajú kľúčovými pre mnohé odvetvia. Zameriame sa na identifikáciu najviac požadovaných zručností, ktoré sú na trhu práce najviac vyhľadávané, čo nám poskytne ľahší prehľad vo vývoji a raste dopytu po týchto zručnostiach v jednotlivých krajinách.

Začneme s analyzovaním zručností v Českej republike, v ktorej, ako sme zistili už z predošlých informácií, digitálna transformácia funguje najlepšie a je tak ideálnym príkladom nielen pre krajiny V4, ale aj pre ostatné členské štáty Európskej únie.

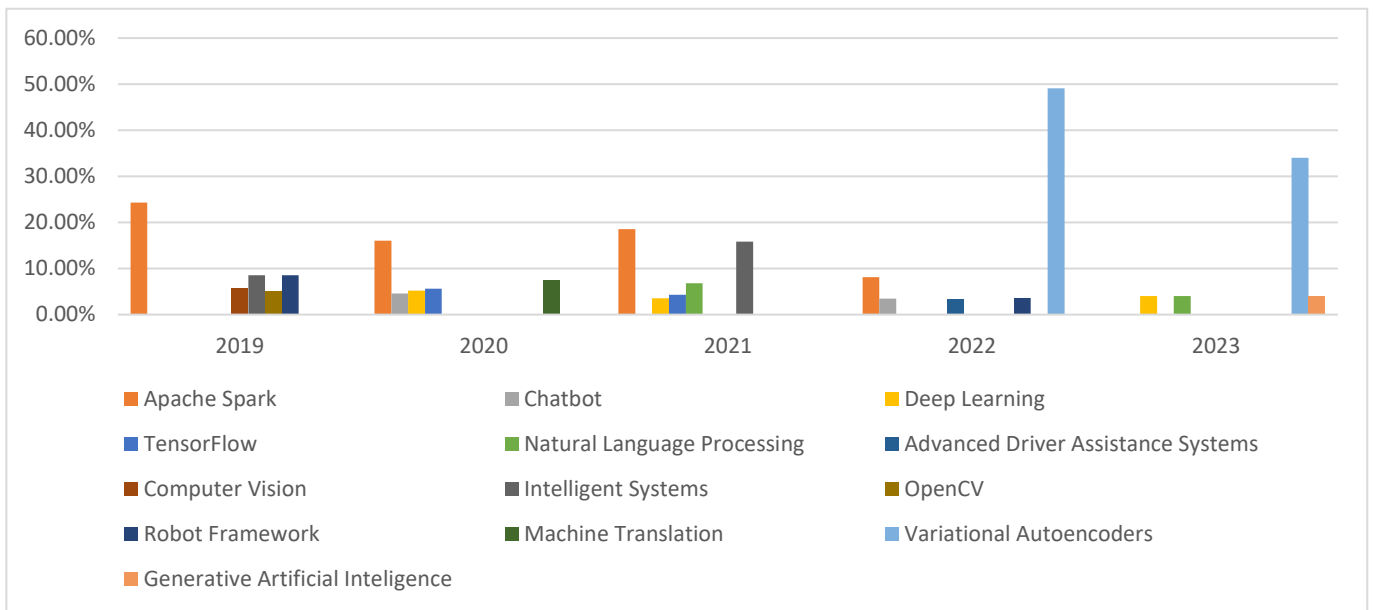
**Graf 7: Podiel najviac žiadaných zručnosti v oblasti AI v Českej republike, 2019 – 2023**



Zdroj: Bruegel, vlastné spracovanie

V Českej republike môžeme pozorovať výraznú zmenu v rozložení dopytu po AI zručnostiach v čase. Kým v roku 2019 bol dopyt pomerne rovnomerne rozložený medzi viacerými zručnosťami, v posledných rokoch sa výrazne vykryštalizovali dve dominujúce zručnosti: „Support Vector Machine“ a „Variational Autoencoders“. V roku 2019 bola najviac vyhľadávanou AI zručnosťou „Apache Spark“, ktorá sa objavila až v 27,02% všetkých pracovných inzerátoch. Avšak do roku 2022 jej dôležitosť výrazne klesla, pričom bola spomenutá len v 1% inzerátov. V priebehu rokov 2020 a 2021 sa vyformovala skupina najviac žiadaných zručností, ktorú tvorili „Apache Spark“, „TensorFlow“ a „Natural Language Processing“. K tejto skupine sa v roku 2021 pridala aj zručnosť „Variational Autoencoders“, ktorá v roku 2022 dominovala na trhu s podielom až 71,23% v inzerátoch.

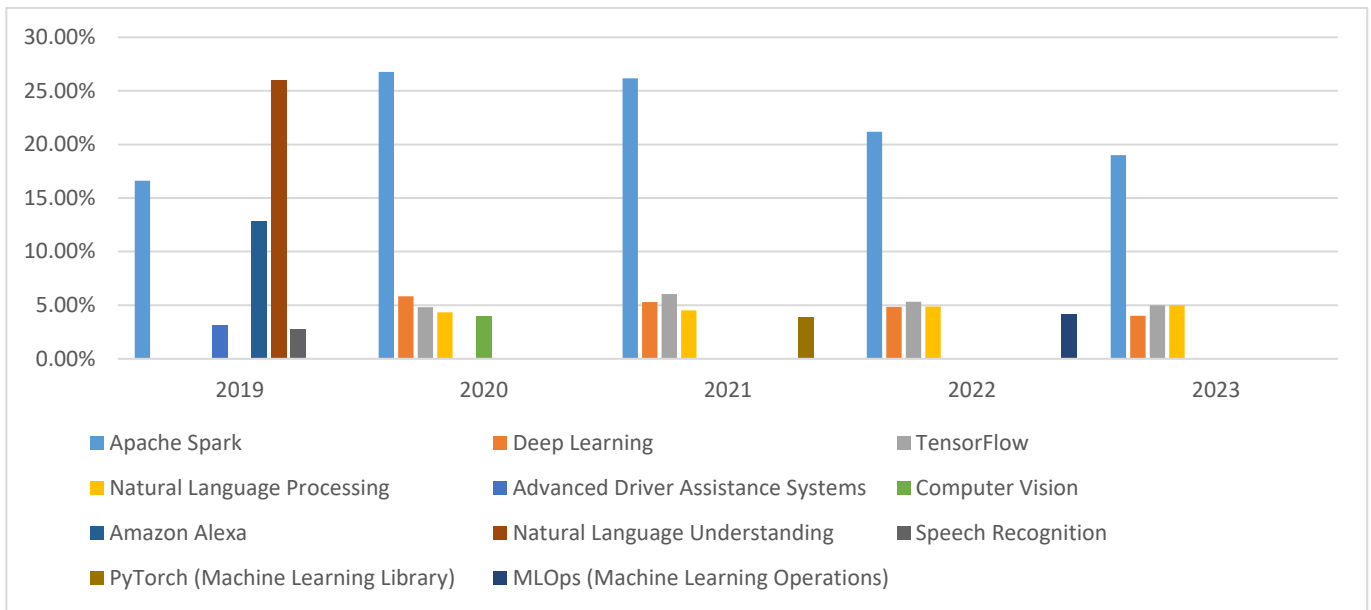
**Graf 8: Podiel najviac žiadaných zručností v oblasti AI na Slovensku, 2019 – 2023**



Zdroj: Bruegel, vlastné spracovanie

Vidíme, že v období od roku 2019 až do roku 2023 došlo na slovenskom trhu práce k zaujímavým zmenám v oblasti dopytu po AI zručnostiach v pracovných inzerátoch. „Apache Spark“ bola jednou z najžiadanejších zručností v tomto období. V roku 2019 sa objavila až v 24,29% všetkých pracovných inzerátoch vyžadujúcich AI zručnosti. Postupne však dopyt po tejto zručnosti klesal, a tak v roku 2022 len 8,10% inzerátov uvádzalo ako žiadosť túto zručnosť. Súčasne sme zaregistrovali vzostup záujmu o „Intelligent Systems“. V roku 2019 sa táto zručnosť objavila v približne 9% pracovných ponúk, a do roku 2021 sa jej podiel zvýšil skoro na 16%. To naznačuje, že došlo k posunu vo vnímaní potreby začleniť inteligentné systémy do rôznych pracovných procesov na slovenskom trhu práce. V roku 2022 sme zaznamenali zmenu štruktúry dopytu po AI zručnostiach na slovenskom trhu práce, kedy sa začala vyžadovať vo väčšej miere len jedna AI zručnosť, ktorou je „Variational Autoencoders“. Táto zručnosť si udržala svoju dominanciu aj v roku 2023, čo by mohlo odrážať rastúci dopyt po generatívnych modeloch. Tento trend poukazuje na záujem firiem o špecialistov, ktorí dokážu inovatívne riešiť úlohy využitím AI.

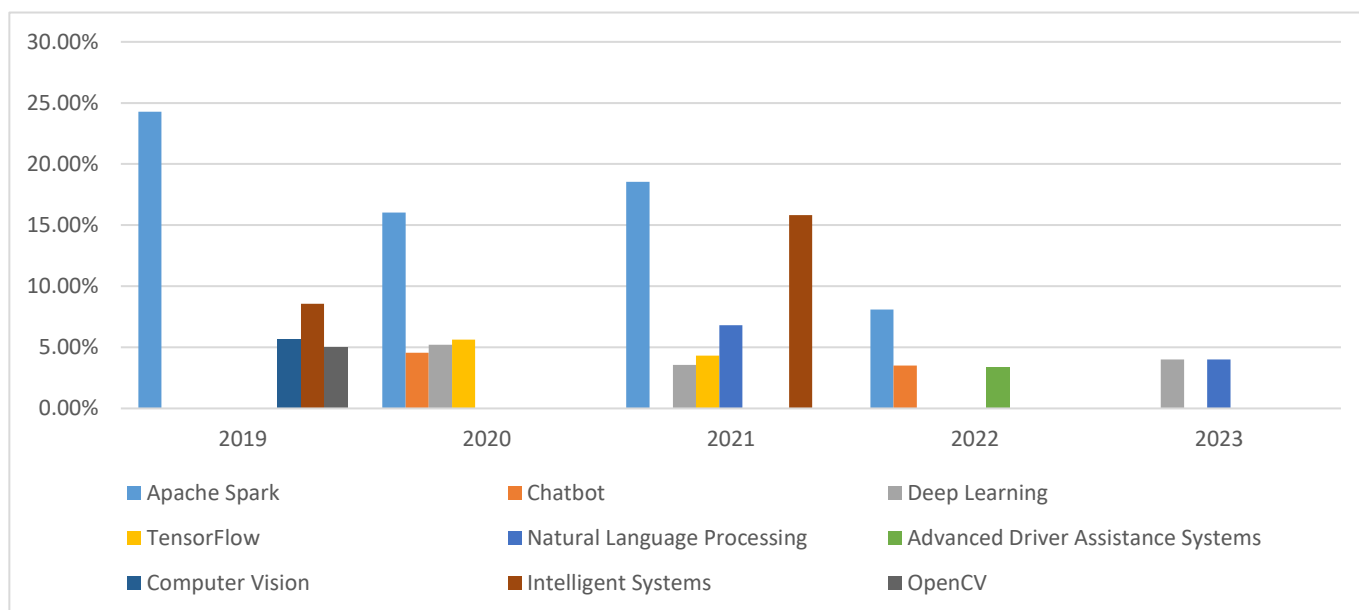
**Graf 9: Podiel najviac žiadaných zručnosti v oblasti AI v Poľsku, 2019 – 2023**



Zdroj: Bruegel, vlastné spracovanie

Na poľskom trhu práce je situácia odlišná oproti Slovensku a Česku, kde sme pozorovali postupnú koncentráciu na jednu alebo dve špecifické AI zručnosti. V Poľsku, naopak, sa od roku 2019 až do roku 2023 vyžaduje viacero AI zručností naraz, avšak aj tu vidíme značnú dominanciu zručnosti „Apache Spark“. Zatiaľ čo na Slovensku a v Česku popularita tejto zručnosti postupne klesala, na poľskom trhu práce si udržala svoju dôležitosť. V roku 2019 ju vyžadovalo približne 17% pracovných inzerátov, a tento počet stúpol na 19% v roku 2023. Okrem „Apache Spark“ si na poľskom trhu práce udržujú silné pozície aj zručnosti ako „Deep Learning“, „TensorFlow“ a „Natural Language Processing“. V roku 2023 bolo po „TensorFlow“ a „Natural Language Processing“ dopytovaných 5% pracovných inzerátov a po „Deep Learning“ 4%. Tieto údaje ukazujú, že v Poľsku je stále vysoký dopyt po rozmanitých AI zručnostiach, ktoré sú aplikovateľné v rôznych odvetviach a na rôznych typoch pracovných pozícií.

**Graf 10: Podiel najviac žiadaných zručnosti v oblasti AI v Maďarsku, 2019 – 2023**



*Zdroj: Bruegel, vlastné spracovanie*

Pozorujeme, že situácia na maďarskom trhu práce sa podobá tomu, čo sme zaznamenali v Česku a na Slovensku. V priebehu času sa špecializácia zúžila na niekoľko dôležitých zručností, čo pred piatimi rokmi nebolo také výrazné, keďže na trhu práce bol dopyt zameraný na viacero AI zručností. Napríklad, v roku 2019 sme zaznamenali, že až 24,29% pracovných ponúk vyžadovalo zručnosť „Apache Spark“. Okrem toho v tom istom roku boli dopytované aj iné AI zručnosti, ako napríklad „Computer Vision“ na úrovni 5,71%, „OpenCV“ na úrovni 5% a „Intelligent Systems“ na úrovni 8,57%. Avšak od roku 2022 sme na maďarskom trhu práce zaznamenali výrazný pokles dopytu po AI zručnostiach. Nielenže sa tento dopyt zúžil na len niekoľko špecifických AI zručností, intenzita online inzerátov vyžadujúcich tieto zručnosti prudko poklesla. V roku 2023 bolo len približne 4% inzerátov, ktoré vyžadovali zručnosť „Deep Learning“ a rovnaký podiel inzerátov vyžadoval „Natural Language Processing“. Z vývoja dopytu po AI zručnostiach môžeme vidieť zmeny v zameraní trhu v priebehu času. V roku 2019 sa dopytovali úplne odlišné AI zručnosti, než bolo tomu v roku 2023.

## 4.2 Vplyv automatizácie na ukazovatele trhu práce

V dnešnej dobe rýchleho technologického pokroku je mnoho ľudí znepokojených možnosťou, že automatizácia a AI môžu ohroziť nielen ich pracovné pozície, ale aj znížiť ich príjmy. Naším cieľom je poskytnúť jasný obraz o tom, ako tento pokrok ovplyvňuje dynamiku pracovného trhu a hospodárstva v Európskej únii.

V rámci nášho výskumu sme realizovali tri samostatné analýzy vplyvu AI pre mzdy a tri pre zamestnanosť, každá s rozdielnou úrovňou zamerania:

1. Analýza na úrovni regiónov: Vykonali sme rozsiahle hodnotenie vplyvu AI a čiastočne aj priemyselných robotov na celoeurópskej úrovni ako aj na úrovni špecifických regiónov, vrátane V4, strednej Európy, východnej Európy a západnej Európy;
2. Analýza na úrovni povolání: Sústredili sme sa na povolania, ktoré sú podľa indexov ohrozenosti AI klasifikované ako najviac a najmenej ohrozené AI;
3. Analýza na úrovni odvetví: Našu analýzu sme zamerali na odvetvie služieb a priemyslu.

V našich regresných modeloch, pomocou ktorých sme realizovali analýzu európskeho trhu práce za obdobie 2019 a 2020, sme využili dve závislé premenné, a to prirodzený logaritmus odmien za prácu ( $\ln\_new\_comp$ ) a zamestnanosti ( $\ln\_new\_emp$ ). Hlavnými nezávislými premennými v našich modeloch boli index ohrozenosti povolání AI ( $pct\_ai$ ) a miera, ktorá zaznamenáva počet online inzerátov vyžadujúcich AI zručnosti ( $share\_AI\_occup$ ). Pri meradle indexu ohrozenosti AI ( $pct\_ai$ ) bolo do vzorky zahrnutých 27 krajín Európskej únie, avšak pri meradle podielu online inzerátov vyžadujúcich AI zručnosti ( $share\_AI\_occup$ ) bola vzorka obmedzená len na 23 krajín, keďže údaje pre Cyprus, Lotyšsko, Maltu a Slovinsko sú dostupné až od začiatku roka 2021. Na lepšie pochopenie ohrozenosti zamestnaní AI sme okrem toho zahrnuli aj vedľajšie nezávislé premenné, ktoré odrážajú ohrozenosť povolání priemyselnými robotmi ( $pct\_robot$ ) a softvérovými zmenami ( $pct\_software$ ).

Pri prezentovaní našich výsledkov sme sa prevažne zamerali na analýzu toho, či má AI pozitívny alebo negatívny dopad na mzdy a zamestnanosť v rôznych regiónoch, skupinách povolání a odvetviach. Tento prístup nám umožnil odhaliť a komunikovať hlavné trendy a zároveň overiť, či sa hypotézy, ktoré sme si určili potvrdzujú alebo vyvracajú.

Pri vplyve AI na mzdy sme sa sústredili na hypotézu H1, ktorou je: „Povolania s vyššou ohrozenosťou nahradenia AI zaznamenávajú vyšší rast miezd než povolania ohrozené priemyselnými robotmi.“ a hypotézu H4: „Povolania ovplyvnené AI vykazujú pozitívnu, avšak malú zmenu miezd.“

Pri skúmaní vplyvu AI na zamestnanosť sme využívali hypotézu H2: „V povolaniach s vyššou ohrozenosťou nahradenia AI sa v priemere zvýši podiel zamestnanosti.“ a hypotézu H3: „Aj napriek heterogenite medzi jednotlivými krajinami EÚ nie je vo všeobecnosti zaznamenaný významný pokles zamestnanosti v povolaniach, ktoré sú považované za vysoko ohrozené AI.“

### 4.3 Vplyv umelej inteligencie na úrovni vybraných regiónov

V tejto časti práce sme sa prostredníctvom regresnej panelovej analýzy zamerali na skúmanie vplyvu AI na mzdy a zamestnanosť pomocou modelov, ktoré boli aplikované na úrovni celej Európskej únie, ako aj na špecifické skupiny krajín, vrátane V4, strednej Európy, východnej Európy a západnej Európy.

Pre realizáciu analýz na úrovni rôznych regiónov sme krajiny EÚ rozdelili do nasledujúcich skupín:

- **V4:** Česko, Maďarsko, Poľsko, Slovensko;
- **Stredná Európa:** Česko, Chorvátsko, Maďarsko, Nemecko, Poľsko, Rakúsko, Slovensko, Slovinsko;
- **Východná Európa:** Bulharsko, Estónsko, Litva, Lotyšsko, Rumunsko;
- **Západná Európa:** Belgicko, Dánsko, Fínsko, Francúzsko, Grécko, Holandsko, Írsko, Luxembursko, Malta, Nemecko, Portugalsko, Rakúsko, Španielsko, Švédsko, Taliansko, Cyprus.

Tento prístup nám umožnil identifikovať a analyzovať regionálne rozdiely, poskytujúc komplexnejší pohľad na ekonomické dopady AI v rámci celej Európy.

#### 4.3.1 Dopady umelej inteligencie na mzdy na úrovni vybraných regiónov

Tabuľka č.4 obsahuje výsledky regresnej panelovej analýzy, kde sme skúmali vplyv AI na mzdy v rôznych regiónoch EÚ. Regresné rovnice (1) – (5) zobrazujú výsledky našich analýz pre rôzne regióny, kde sme ako meradlo vplyvu AI použili podiel online inzerátov vyžadujúcich

AI zručnosti. Na druhej strane, výsledky predstavené v regresných rovniciach (6) – (10) boli získané s využitím miery ohrozenosti povolání AI.

V regresnej rovnici (1), ktorá sa týka celej EÚ ekonomiky, vidíme, že koeficient je pozitívny a štatisticky významný na 1% hladine významnosti. Tento výsledok naznačuje, že nárast podielu online inzerátov, ktoré vyžadujú AI zručnosti, je priamo spojený so zvýšením miezd na európskom trhu práce. Konkrétne, naše odhady naznačujú, že zvýšenie tohto podielu o jeden percentuálny bod vedie k zvýšeniu miezd o 1,02 percentuálneho bodu v celej Európskej únii. Z ďalších analýz, uvedených v prílohe č.1, vyplýva, že po zahrnutí kontrolných premenných ostáva tento efekt stabilný, s koeficientom 1,018. Toto zistenie je čiastočne v súlade s našou hypotézou H4, ktorá tvrdí, že "Povolania ovplyvnené AI vykazujú pozitívnu, avšak malú zmenu miezd." Avšak, vzhľadom na to, že zaznamenali sme zvýšenie o viac ako jeden percentuálny bod, môžeme tento vplyv považovať za značnejší, než malú zmenu, ktorú hypotéza predpokladala.

Podľa regresnej rovnice (2) pre krajiny V4, zvýšenie podielu online inzerátov, ktoré vyžadujú AI zručnosti o 1 percentuálny bod vedie k zvýšeniu miezd o 0,45 percentuálneho bodu, čo je pozitívny vplyv, ale menej výrazný v porovnaní s celoeurópskym priemerom. Na základe našich zistení môžeme tvrdiť, že výsledky korelujú s hypotézou H4, ktorá predpokladá pozitívny a mierny vplyv na mzdy. Tento menej výrazný vplyv môže byť zapríčinený tým, že v krajinách V4 je využitie AI potenciálne menej rozšírené v pracovných procesoch v porovnaní s inými regiónmi Európy, čo by mohlo mať za následok slabší efekt na mzdy.

Západná Európa, ako je uvedené v treťom modeli, prekračuje celoeurópsky priemer s nárastom miezd o 1,33 percentuálneho bodu, čo poukazuje na efektívnejšie využívanie AI zručností v praxi v tomto regióne. Z toho vyplýva, že zvýšenie podielu online inzerátov vyžadujúcich AI zručnosti v západnej Európe bude mať signifikantný pozitívny dopad na rast miezd.

Pri pozorovaní východoeurópskeho trhu práce v regresnej rovnici (4) pozorujeme, že zvýšenie podielu online inzerátov vyžadujúcich AI zručnosti o 1 percentuálny bod vedie k rastu miezd o 0,68 percentuálneho bodu. Tento koeficient je štatisticky významný na 5% hladine významnosti, čo naznačuje pozitívny, avšak menej výrazný dopad AI na mzdy v porovnaní s celoeurópskym priemerom, kde podobné zvýšenie inzerátov spôsobuje rast miezd o 1,02 percentuálneho bodu.



V poslednom modeli, kde bolo využité ako meradlo vplyvu AI na mzdy podiel online inzerátov vyžadujúcich AI zručnosti bol pozorovaný región strednej Európy. Vidíme, že rast tohto podielu o 1 percentuálny bod spôsobí rast miezd o 0,68 percentuálneho bodu. Môžeme si všimnúť, že dopad AI na mzdy bol pri predchádzajúcom regióne rovnaký, avšak v prípade strednej Európy je koeficient štatisticky významný na hladine významnosti 1%, na rozdiel od koeficientu východnej Európy, ktorý bol štatisticky významný iba na hladine významnosti 5%.

Následne sa pozrieme na vplyv AI na mzdy v rámci Európy, pričom využívame mieru vystavenia jednotlivých povolání AI podľa Webba (2020). Táto analýza nám umožní lepšie pochopiť, ako ohrozenosť povolání AI ovplyvňuje mzdy v rôznych regiónoch.

Dopad AI na mzdy prostredníctvom miery vystavenia povolání AI v rámci celej Európskej únie sme identifikovali v regresnej rovnici (6), ktorá odhalila pozitívny vplyv zvýšeného ohrozenia AI na mzdy. Konkrétne, zistenia poukazujú na to, že každé zvýšenie podielu povolání ohrozených AI o 1 percentuálny bod vedie k nárastu priemerných miezd o 0,042 percentuálneho bodu. Tento koeficient je štatisticky významný na úrovni 1%, čo potvrdzuje silnú spojitosť medzi vystavením AI a rastom mzdy. Navyše v prílohe č.1 vidíme, že tento vplyv sa udržal konzistentný aj v modeli s kontrolnými premennými, kde koeficient ostal na hodnote 0,042, čo svedčí o robustnosti našich zistení. Naše výsledky sú v súlade s hypotézou H4, ktorá predpokladá pozitívny, avšak malý rast miezd ako dôsledok zvýšenia ohrozenosti povolání AI. Naše výsledky sú taktiež podporené hypotézou H1, ktorá tvrdí, že "Povolania s vyššou ohrozenosťou nahradenia AI zaznamenávajú vyšší rast miezd než povolania ohrozené priemyselnými robotmi." V tabuľke č. 4 je viditeľné, že v regresnej rovnici (6) je koeficient pre ohrozenosť povolání AI na úrovni 0,042, čo je výrazne vyššie v porovnaní s koeficientom 0,0186 pri ohrozenosti povolání priemyselnými robotmi. Tento nález poukazuje na vyšší rast miezd, ktorý je spojený s ohrozenosťou povolání AI, čo potvrdzuje predpoklady hypotézy H1.

V krajinách V4, podľa regresnej rovnice (7), vedie zvýšenie ohrozenosti AI o 1 percentuálny bod k rastu miezd o 0,046 percentuálneho bodu. Tento efekt je taktiež štatisticky významný na 0,01 hladine významnosti, čo naznačuje, že v krajinách V4 má ohrozenosť povolání AI o niečo silnejší vplyv na mzdy v porovnaní s celoeurópskym priemerom.

Ako je viditeľné v regresnej rovnici (8), v západnej Európe má zvýšenie ohrozenosti AI mierne nižší efekt na mzdy, a to v podobe zvýšenia miezd o 0,041 percentuálneho bodu, ktorý je však rovnako štatisticky významný na 1% hladine významnosti. To naznačuje, že aj keď je vplyv AI

na mzdy v západnej Európe pozitívny, je nepatrne slabší ako priemer Európskej únie. Naše výsledky potvrdzujú hypotézu H4, ktorá naznačuje, že vplyv AI na zvýšenie miezd je síce malý, ale pozitívny. Rovnako tieto výsledky podporujú aj hypotézu H1, ktorá uvádza, že povolania viac vystavené AI riziku zaznamenávajú vyšší nárast miezd v porovnaní s tými, ktoré sú vystavené riziku priemyselnými robotmi. Tento záver je podporený nižším koeficientom 0,015 pre ohrozenosť od priemyselných robotov, ktorý sme zaznamenali v regióne západnej Európy, oproti vyššiemu koeficientu pre ohrozenosť AI.

Podobný trend registrujeme aj v rámci východnej a strednej Európy, zobrazený v regresných rovniciach (9) a (10), kde tiež pozorujeme o niečo nižšie vplyvy na mzdy v porovnaní s celoeurópskym priemerom. V rámci východnej Európy zvýšenie ohrozenosti jednotlivých povolaní AI o 1 percentuálny bod zapríčiní nárast miezd o 0,040 percentuálneho bodu a v rámci strednej Európy o 0,041 percentuálneho bodu.

Celkovo naše výsledky naznačujú, že zvýšenie ohrozenosti povolaní AI, ako aj zvýšenie požiadaviek na AI zručnosti v online inzerátoch na voľné pracovné miesta, majú pozitívny vplyv na rast miezd naprieč rôznymi regiónmi Európskej únie v období 2019 a 2020. Koeficienty ohrozenosti povolaní AI sa ukázali byť stabilné naprieč všetkými regiónmi, čo by mohlo naznačovať konzistentný vplyv tohto faktora na mzdy. Naopak, koeficienty pre podiel online inzerátov vyžadujúcich AI zručnosti vykazovali väčšie regionálne rozdiely, čo by mohlo odzrkadľovať rozdielne reakcie trhov práce na špecifické požiadavky na zručnosti.

V celoeurópskom kontexte malo zvýšenie požiadaviek na AI zručnosti vo voľných pracovných miestach v online inzerátoch silnejší pozitívny efekt na rast miezd v porovnaní so zvýšením ohrozenosti povolaní AI. Konkrétne, zvýšenie podielu online inzerátov o jeden percentuálny bod spôsobilo v celej EÚ nárast miezd o približne 1,02 percentuálneho bodu, zatiaľ čo zvýšenie ohrozenosti povolaní AI o rovnaký podiel viedlo k menšiemu nárastu miezd, o 0,042 percentuálneho bodu. Tento rozdiel v efektoch možno vysvetliť tým, že požiadavky na AI zručnosti v online inzerátoch často predstavujú priamu potrebu konkrétnych zručností na pracoviskách, čo rýchlo zvyšuje hodnotu pracovnej sily. Naopak, ohrozenosť povolaní AI môže mať dlhodobejšie vplyvy na mzdy, pretože adaptácia na automatizáciu vyžaduje viac času.

Ďalší významný vplyv v období 2019 a 2020 možno pripísať pandémie COVID-19, ktorá zrýchlila potrebu pre digitalizáciu a automatizáciu v mnohých sektoroch, čo mohlo zvýšiť dopyt po AI zručnostiach a zároveň ovplyvniť trh práce odlišne v rôznych regiónoch Európskej

únie. Západná Európa, s rozvinutejšou infraštruktúrou a prístupom k vzdelávaniu v oblasti AI, mohla na tieto zmeny reagovať rýchlejšie a efektívnejšie, čo sa odrazilo aj vo vyššom raste miezd. Na druhej strane, v krajinách V4, strednej a východnej Európe bol zaznamenaný nižší rast miezd, ktorý môže byť spôsobený nielen pomalšou adaptáciou na nové technológie, ale aj pomalšou reakciou na pandemické podmienky.

**Tabuľka 4: Vzťah medzi AI a mzdou vo vybraných regiónoch**

VARIABLES	(1) EU Countries	(2) V4	(3) West Europe	(4) East Europe	(5) Central Europe	(6) EU Countries	(7) V4	(8) West Europe	(9) East Europe	(10) Central Europe
pct_ai						0.0420*** (0.00149)	0.0463*** (0.00201)	0.0414*** (0.00233)	0.0403*** (0.00300)	0.0410*** (0.00248)
pct_robot						0.0186*** (0.00197)	0.0286*** (0.00475)	0.0150*** (0.00264)	0.0219*** (0.00284)	0.0246*** (0.00280)
pct_software						-0.0606*** (0.00242)	-0.0737*** (0.00358)	-0.0584*** (0.00348)	-0.0559*** (0.00363)	-0.0682*** (0.00268)
share_AI_occup	1.022*** (0.110)	0.448* (0.154)	1.325*** (0.123)	0.681** (0.211)	0.683*** (0.166)					
Observations	5,084	890	2,839	909	1,567	5,937	890	3,029	1,137	1,786
R-squared	0.030	0.007	0.048	0.013	0.016	0.166	0.198	0.166	0.146	0.189
Number of country_id	23	4	13	4	7	27	4	14	5	8
Control variables	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Country fixed effects	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Robust standard errors in parentheses

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

### 4.3.2 Dopady umelej inteligencie na zamestnanosť na úrovni vybraných regiónov

V nasledujúcej časti diplomovej práce sa venujeme podrobnej analýze dopadu AI na zamestnanosť v rôznych regiónoch Európskej únie. Táto analýza je prezentovaná v tabuľke č.5, kde podobne ako v predchádzajúcej analýze, sú regresné rovnice rozdelené na dve hlavné skupiny. Prvých päť rovníc (1) – (5) vyhodnocuje vplyv AI na zamestnanosť na základe podielu online inzerátov, ktoré požadujú AI zručnosti a druhá skupina rovníc (6) – (10) skúma vplyv AI z hľadiska miery ohrozenosti povolání AI.

V rámci celoeurópskej úrovne, prvý model indikuje koeficient 0,586 na 1% hladine štatistickej významnosti, čo naznačuje, že zvýšenie podielu online inzerátov vyžadujúcich AI zručnosti o 1 percentuálny bod je spojené so zvýšením zamestnanosti o 0,586 percentuálneho bodu. Tento výsledok poukazuje na rastúci dopyt po zamestnancoch s AI zručnosťami a schopnosť trhu práce integrovať technologické inovácie do pracovných procesov. V prílohe č.2 vidíme, že tento efekt zostáva takmer nezmenený aj po zahrnutí kontrolných premenných do modelu, čo potvrdzuje robustnosť zistených výsledkov. Pri pohľade na naše výsledky môžeme potvrdiť hypotézu H3. Hypotéza predpokladá, že vo všeobecnosti nie je zaznamenaný významný pokles zamestnanosti v povolaniach, ktoré sú považované za vysoko ohrozené AI. Naše zistenie, že zamestnanosť v týchto povolaniach rastie v reakcii na zvýšený dopyt po AI zručnostiach, poukazuje na to, že vplyv AI na trhu práce môže byť skôr pozitívny, než negatívny, čím sa potvrdzuje hypotéza o neprítomnosti významného poklesu zamestnanosti v týchto sektoroch. Taktiež potvrdzujeme hypotézu H2, pretože sme zaznamenali nárast zamestnanosti v rámci celoeurópskej úrovni v povolaniach s vyššou ohrozenosťou nahradenia AI.

Podobne, regresná rovnica (3) pre západnú Európu ukazuje, že koeficient pre podiel online inzerátov vyžadujúcich AI zručnosti je s hodnotou 0,865 významne vyšší a vykazuje štatistickú významnosť na 0,01 hladine významnosti. Toto poukazuje na ešte silnejší vplyv na zamestnanosť v tomto regióne v porovnaní s celoeurópskym priemerom, kde podobné zvýšenie inzerátov spôsobuje rast zamestnanosti len o 0,586 percentuálneho bodu. Vyššia hodnota koeficientu v západnej Európe môže byť pripisovaná vyspelejšej technologickej infraštruktúre a priaznivejšiemu podnikateľskému prostrediu pre AI technológie, čo môže umožňovať efektívnejšiu integráciu a využívanie zručností na pracovisku.

V prípade regionálnych skupín, ako sú V4, stredná a východná Európa, koeficienty pre podiel online inzerátov vyžadujúcich AI zručnosti, ktoré sú uvedené v regresných rovniciach (2), (4)

a (5), sú pozitívne ale neukázali štatistickú významnosť. Z toho vyplýva, že v týchto regiónoch zvýšenie podielu pracovných inzerátov vyžadujúcich AI zručnosti nemá výrazný priamy vplyv na zamestnanosť. Podľa našich zistení nemôžeme potvrdiť hypotézu H2, keďže výsledky neukazujú výrazný nárast zamestnanosti v povolaniach s vyššou ohrozenosťou nahradenia AI. Na druhej strane, hypotéza H3 sa potvrdzuje, pretože aj keď nevidíme výrazný rast zamestnanosti, tiež nezaznamenávame významný pokles, čo znamená, že zamestnanosť vo vysoko ohrozených povolaniach AI zostáva stabilná alebo nevykazuje významné negatívne zmeny.

Niekoľko dôvodov môže vysvetliť, prečo v našej analýze nevznikol žiadny štatisticky významný efekt v týchto regionálnych skupinách. Tradičné odvetvia, ktoré tvoria značnú časť ekonomiky týchto regiónov, môžu byť menej flexibilné voči prijatiu a implementácii nových technológií ako AI, čo by mohlo spomaľovať zavádzanie a využívanie AI v praxi (Kovacs et al., 2024). Nižšia úroveň technologickej adaptácie v podnikoch môže tiež signalizovať, že niektoré organizácie v týchto regiónoch nemajú buď potrebné zdroje, alebo motiváciu na investovanie do nových technológií. To môže byť spôsobené nedostatkom finančných prostriedkov, nedostatočnou infraštruktúrou alebo všeobecným nedostatkom dôrazu na inovácie. Kľúčovú úlohu zohráva aj dostupnosť vzdelávania. Bez adekvátnej prípravy a vzdelávania nemôže pracovná sila efektívne využívať AI nástroje a systémy, čo brzdí schopnosť regiónov tvoriť nové pracovné príležitosti v tejto oblasti.

Príčiny pozitívnych efektov zistených v západnej Európe a všeobecne v celej Európe v období 2019 a 2020, ktoré sú štatisticky významné, môžu byť taktiež rôznorodé. Predovšetkým pandémia COVID-19 urýchlila prechod k digitálnym technológiám ako reakcia na potreby práce z domova a zachovania kontinuity podnikania. Tento rýchly posun podstatne podporil dopyt po AI zručnostiach a prispel k vývoju nových pracovných miest v digitálnej a technologickej oblasti. Zároveň vysoká miera digitalizácie a adaptácia na technologické zmeny, charakteristická pre západnú Európu, mohla taktiež prispieť k efektívnejšiemu využívaniu AI v ekonomike, čo by sa odzrkadlilo vo vyššej produktivite a vytváraní nových pracovných príležitostí.

Pri pohľade na koeficienty pre ohrozenosť povolání AI v regresných rovniciach (6) – (10), vidíme, že výsledky sú vo všetkých regiónoch konzistentne štatisticky významné a pomerne podobné, čo naznačuje pozitívny vzťah medzi mierou ohrozenosti povolání AI a zamestnanosťou. Z toho vyplýva, že potenciálny vplyv AI na ohrozenie pracovných miest je

celoplošný a pravdepodobne sa odvíja od dlhodobých trendov, a nielen od krátkodobého vývoja v rokoch 2019 a 2020.

Napríklad, pri pozorovaní celej Európy vyšiel v regresnej rovnici (6) koeficient pozitívny a štatisticky významný na 1% hladine významnosti, z ktorého vyplýva, že ak dôjde k zvýšeniu ohrozenosti povolání AI o jeden percentuálny bod, tak nastane zvýšenie zamestnanosti o 0,0342 percentuálneho bodu. V porovnaní s tým V4 a západná Európa ukazujú mierne vyššie koeficienty, čo môže naznačovať, že trh práce v týchto oblastiach môže byť viac dynamický a flexibilný v reakcii na potenciálne ohrozenia spôsobené AI.

Na základe pozitívnych výsledkov zamestnanosti v každom sledovanom regióne môžeme potvrdiť hypotézu H2, ktorá predpokladá, že v povolaniach s vyššou ohrozenosťou nahradenia AI sa v priemere zvýši podiel zamestnanosti. Tieto výsledky potvrdzujú, že nárast ohrozenosti AI má konzistentný pozitívny dopad na zamestnanosť naprieč rôznymi regiónmi. Čo sa týka hypotézy H3, naša analýza ju tiež potvrdzuje. Nezaznamenali sme žiadny významný pokles zamestnanosti v povolaniach ohrozených AI, čo naznačuje, že zamestnanosť v týchto sektoroch zostáva stabilná alebo rastie napriek rozdielom medzi jednotlivými regiónmi.

**Tabuľka 5: Vzťah medzi AI a zamestnanosťou vo vybraných regiónoch**

VARIABLES	(1) EU Countries	(2) V4	(3) West Europe	(4) East Europe	(5) Central Europe	(6) EU Countries	(7) V4	(8) West Europe	(9) East Europe	(10) Central Europe
pct_ai						0.0342*** (0.00152)	0.0381*** (0.00222)	0.0351*** (0.00210)	0.0320*** (0.00349)	0.0314*** (0.00282)
pct_robot						0.0173*** (0.00209)	0.0304*** (0.00274)	0.0128*** (0.00251)	0.0216*** (0.00462)	0.0227*** (0.00323)
pct_software						-0.0488*** (0.00240)	-0.0650*** (0.000965)	-0.0472*** (0.00304)	-0.0452*** (0.00516)	-0.0528*** (0.00484)
share_AI_occup	0.586*** (0.0973)	0.0855 (0.168)	0.865*** (0.0826)	0.381 (0.302)	0.257 (0.143)					
Observations	5,088	888	2,828	915	1,576	5,941	888	3,018	1,143	1,795
R-squared	0.012	0.000	0.024	0.005	0.003	0.117	0.150	0.129	0.102	0.120
Number of country_id	23	4	13	4	7	27	4	14	5	8
Control variables	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Country fixed effects	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Robust standard errors in parentheses

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

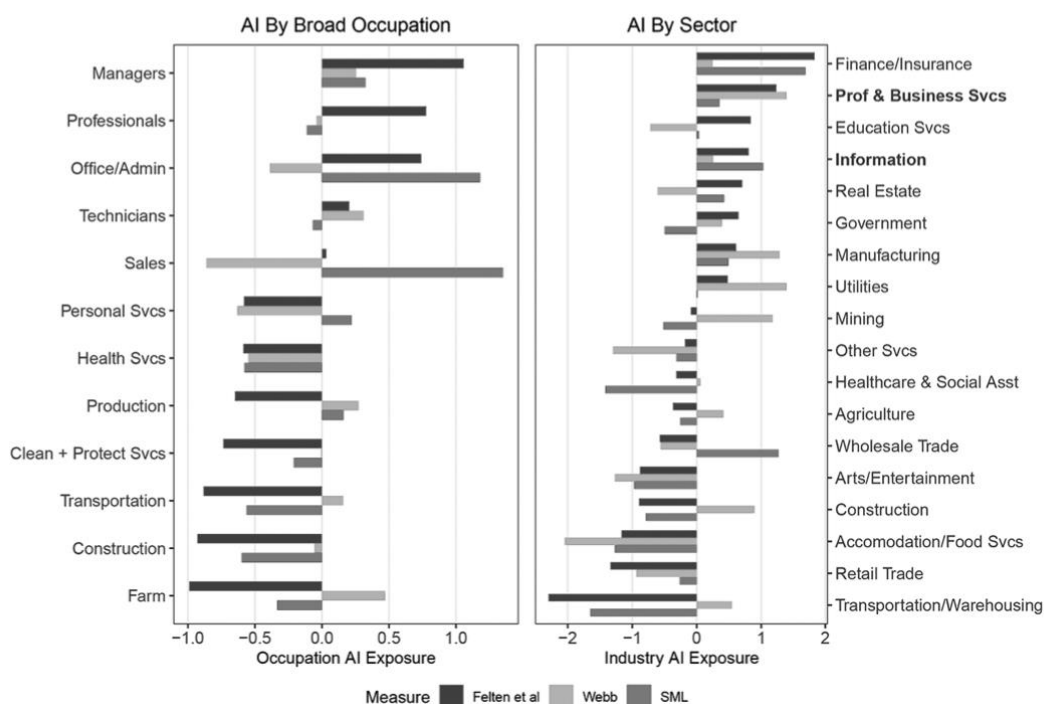


## 4.4 Vplyv AI na úrovni povolání

V tejto kapitole sa sústreďujeme na analýzu AI na mzdy a zamestnanosť vo vybratých povolaniach, ktoré boli označené za vysoko a nízko ohrozené AI podľa indexov vyvinutých autormi ako Felten (2021) a Webb (2020). Naším hlavným cieľom je posúdiť, aký vplyv má AI na trh práce v Európskej únii. Priemyselné roboty skúmame ako doplnkový element našej analýzy. Tento prístup nám umožňuje lepšie pochopiť a vyhodnotiť naše hypotézy týkajúce sa efektov automatizácie na trh práce, čím získavame komplexnejší pohľad na dynamiku ovplyvnenia miezd a zamestnanosti AI a priemyselnými robotmi.

Aby sme mohli porovnať efekty AI na rôzne povolania, budeme používať opäť rovnaké meradlá ako v predchádzajúcej analýze: mieru ohrozenia povolání AI od Webba (2020) a podiel online inzerátov, ktoré vyžadujú AI zručnosti. Tieto meradlá nám umožnia hodnotiť, aký dopad má AI na mzdy a zamestnanosť v konkrétnych povolaniach, ktoré boli identifikované ako vysoko ohrozené alebo naopak menej ohrozené vplyvom AI.

Obrázok 1: Grafické znázornenie meradiel ohrozenosti AI na úrovni povolání a odvetví



Zdroj: Acemoglu et al., 2022

Obrázok zo štúdie Acemoglu et al. (2022) s názvom „*Artificial Intelligence and Jobs: Evidence from Online Vacancies*“ nám poskytuje vizuálnu prezentáciu troch meradiel ohrozenosti

povolání AI. Na ľavej strane obrázka sú znázornené indexy ohrozenosti AI na úrovni povolání podľa rozšírenej klasifikácie od Autora (2019), ktorá agreguje šest'miestne kódy povolání do dvanástich jednomiestnych kategórií. Pravá strana obrázka nám zase ukazuje ohrozenosť podľa odvetví, ktoré sú klasifikované na základe systému NAICS.

Z uvedeného obrázka je zrejmé, že rôzne indexy odzrkadľujú rozmanité aspekty vplyvu AI na pracovný trh. Konkrétne, Feltenov index poukazuje na vysokú mieru ohrozenosti povolání zákonodarcov a riadiacich pracovníkov, špecialistov a administratívnych pracovníkov, zatiaľ čo zaznamenáva podstatne nižšie riziko pre pracovníkov v poľnohospodárstve, stavebníctve a doprave. V týchto povolaniach s nižším rizikom nahradenia AI sa často nájdu manuálne práce, ktoré zatiaľ nie sú vo veľkej miere automatizované. Dôvodom je potreba vysokého stupňa ľudskej interakcie a špecializovanej manuálnej zručnosti, ktoré AI technológie zatiaľ nedokážu plne nahradiť. Podľa Webba sú povolania v poľnohospodárstve, technických oblastiach a vo výrobe označené ako vysoko ohrozené, naopak, pracovníci v predaji, zdravotníctve a osobných službách vykazujú nízku mieru ohrozenosti. Na obrázku Brynjolfssonova miera identifikuje ako vysoko ohrozené povolania predajcov, administratívnych a riadiacich pracovníkov, pričom nízku ohrozenosť vykazujú pozície v doprave, stavebníctve a zdravotníckych službách. Vzhľadom na obmedzenie rozsahu našej práce sa nebudeme venovať efektom AI na mzdy a zamestnanosť v týchto povolaniach, ktoré boli na základe Brynjolfssonovho meradla označené za najviac a najmenej ohrozené AI.

Ďalej sme sa museli postarať o priradenie týchto povolání do klasifikačného systému ISCO-08, ktorý sa skladá z deviatich jednomiestnych kategórií. Táto úloha bola realizovaná s využitím dokumentu od International Labour Office (2012) s názvom "*International Standard Classification of Occupations*". Pri priradení sme dbali na to, aby názvy a charakteristika jednotlivých povolání čo najpresnejšie korešpondovali s príslušnými kategóriami v ISCO-08. Napriek našim snahám o objektívne zaradenie je dôležité zmieniť, že niektoré priradenie môže zahŕňať istý stupeň subjektivity, ktorá môže ovplyvniť našu výslednú analýzu. Po identifikácii povolání s najvyššou a najnižšou mierou ohrozenosti AI sme uskutočnili analýzu vplyvu AI na mzdy a zamestnanosť vo vybraných skupinách povolání.

#### 4.4.1 Dopady AI na mzdy na úrovni vybraných povolání

V tabuľke č.6 sú zobrazené výsledky regresnej analýzy, ktorá bola zameraná na skúmanie dopadu AI na mzdy v rámci vybraných skupín povolání v Európskej únii. Výsledky pre povolania klasifikované podľa Webbovho indexu ako najviac a najmenej ohrozené AI sú uvedené v regresných rovniciach (1) až (4) a výsledky pre povolania zaradené podľa Feltenovho indexu do kategórií najviac a najmenej ohrozených AI nájdeme v regresných rovniciach (5) až (8).

Ako prvé sa pozrieme na skupinu povolání, ktoré boli na základe Webbovho indexu označené ako najviac ohrozené AI. Daná skupina povolání v tomto prípade zahŕňa povolania v poľnohospodárstve, technických oblastiach a vo výrobe. Pri skúmaní vplyvov AI na rast miezd sme v regresnej rovnici (1) zaznamenali pozitívny koeficient pre podiel online inzerátov vyžadujúce AI zručnosti. Tento koeficient však nebol štatisticky významný, čo znamená, že v našej vzorke dát zvýšený dopyt po AI zručnostiach nemá významný vplyv na zvýšenie miezd v týchto povolaniach. V dôsledku toho sme schopní vyvrátiť našu hypotézu H4, ktorá sa týka pozitívneho vzťahu zmeny miezd.

V prípade regresnej rovnice (2) sme identifikovali negatívny a štatisticky významný koeficient na 1% hladine významnosti pre mieru ohrozenosti povolání AI. Z toho vyplýva, že zvýšenie ohrozenosti povolání AI by mohlo súvisieť so znížením rastu miezd v EÚ v daných povolaniach. Na základe zistenia trendu sme dospeli k záveru, že naša hypotéza H4, ktorá hovorí, že povolania ovplyvnené AI vykazujú pozitívny mzdový rast, sa nepotvrdila. Okrem toho v tej istej regresnej rovnici pozorujeme, že koeficient ohrozenosti povolání priemyselnými robotmi vykazuje ešte väčší negatívny dopad na rast miezd, čo svedčí o tom, že priemyselné roboty majú negatívny vplyv na rast miezd výraznejší ako AI. Toto zistenie nás vedie k záveru, že hypotéza 1 H1, podľa ktorej by povolania s vyššou ohrozenosťou nahradenia AI mali zaznamenať vyšší rast miezd než povolania ohrozené priemyselnými robotmi, sa nepotvrdila. V skutočnosti naše výsledky jasne ukazujú, že oba koeficienty sú negatívne a sú spojené so znížením rastu miezd, pričom ohrozenosť priemyselnými robotmi má výraznejšie negatívne dôsledky než ohrozenosť AI.

Regresná rovnica (3), ktorá zachytáva výsledky pre skupinu povolání s minimálnym očakávaným rizikom vplyvu AI podľa Webbovho indexu, predpovedá pozitívny a štatisticky významný koeficient na 10% hladine významnosti. Tento výsledok poukazuje na to, že rastúci

dopyt po AI zručnostiach v týchto povolaniach môže spôsobiť mierny nárast miezd v krajinách EÚ. Toto pozorovanie je v súlade nami stanovenou hypotézou H4, ktorá predpokladá, že povolania ovplyvnené AI zaznamenávajú pozitívny rast miezd, čo naše výsledky potvrdzujú. Možné vysvetlenie tohto javu by mohlo byť, že v povolaniach, kde AI nebola pôvodne očakávaná ako hrozba a zároveň sa objaví zvýšený záujem o takéto schopnosti, môžu sa mzdy mierne zvyšovať, pretože AI zručnosti sú medzi pracovníkmi menej rozšírené a stávajú sa preto vzácnejšie a cennejšie. Ďalším možným vysvetlením zachytenia tohoto neočakávaného javu je pandémia COVID-19, ktorá výrazne zmenila trh práce v polovici roka 2020.

Následne, regresná rovnica (4), zameraná na skupinu povolaní s nízkou ohrozenosťou AI, ukazuje pozitívny a štatisticky významný vplyv ohrozenosti AI na mzdy. Tento koeficient naznačuje, že dokonca aj v povolaniach považovaných za menej ohrozené AI môže zvýšenie ohrozenosti viesť k miernemu rastu miezd. Tento výsledok súhlasí s predpokladmi hypotézy H4, ktorá predpokladá, že AI má pozitívny, hoci malý, vplyv na mzdy. Toto zistenie umožňuje potvrdiť hypotézu H4, keďže zaznamenaný malý, no pozitívny rast miezd pri zvýšenej ohrozenosti AI korešponduje s predpokladmi tejto hypotézy.

Na základe Feltenovho indexu ohrozenosti boli ako najviac vystavené povolania AI identifikované práve pozície zákonodarcov a riadiacich pracovníkov, špecialistov a administratívnych pracovníkov. Koeficient v regresnej rovnici (5), ktorý ukazuje pozitívny vplyv na mzdy a dosahuje štatistickú významnosť na 1% hladine významnosti, naznačuje, že zvýšený dopyt po AI zručnostiach v online inzerátoch môže viesť k rastu miezd. Zaujímavým zistením je, že aj po pridaní kontrolných premenných, ako je vidieť v modeli uvedenom v prílohe č.3, sa tento hlavný efekt nezmenil. Koeficienty v modeli s kontrolnými premennými sú veľmi podobné pôvodným, čo naznačuje stabilitu a spoľahlivosť nášho zistenia. Ako už vieme, hypotéza H4 predpovedá malý pozitívny efekt AI na mzdy, avšak náš zistený vplyv v tomto prípade je výraznejší, čo znamená, že hypotéza sa čiastočne potvrdila, pretože smer zmeny je správny, ale jej veľkosť je väčšia, než sme očakávali. Tento zvýšený dopyt po AI zručnostiach môže svedčiť o možnom vyššom zavádzaní a implementácií AI technológií v danom období do pracovných procesov, čo si vyžaduje pracovníkov s pokročilými technickými schopnosťami, čo môže teda vyústiť do vyšších miezd.

V regresnej rovnici (6) registrujeme, že oba koeficienty (pri miere ohrozenosti AI a priemyselnými robotmi) sú pozitívne a štatisticky významné na 1% hladine významnosti. Z týchto zistení vyplýva, že obe miery ohrozenosti majú pozitívny vplyv na rast miezd

v krajinách EÚ v daných povolaniach, s tým, že tento pozitívny efekt je mierne vyšší pri povolaniach, ktoré sú viac ohrozené priemyselnými robotmi. Týmto faktom sme sa dopracovali k záveru, že naša hypotéza H1 sa v tomto prípade zamietá. Čo sa však týka hypotézy H4, výsledky potvrdzujú jej platnosť, keďže koeficient ohrozenosti AI ukazuje na mierny pozitívny efekt na rast miezd, čo súhlasí s predpokladmi tejto hypotézy.

V rámci skupiny povolání, ktorá podľa Feltenovho indexu zahŕňa povolania najmenej vystavené riziku AI, bol zaznamenaný koeficient v regresnej rovnici (7) pozitívny a štatisticky významný na rast miezd. Konkrétne výsledky naznačujú, že aj v menej ohrozených oblastiach ako poľnohospodárstvo, stavebníctvo a doprava môže zvýšený dopyt po AI zručnostiach prispieť k zvýšeniu miezd. Toto zistenie taktiež potvrdzuje platnosť hypotézy H4. Je pravdepodobné, že pandémia COVID-19 zvýšila potrebu efektívnej logistiky a distribúcie v oblasti dopravy, čo viedlo k rastúcemu dopytu po AI zručnostiach. Technológie AI sa stali neoceniteľnými pri optimalizácii dodávateľských reťazcov a riadení skladových operácií, umožňujúc firmám efektívnejšie spracovávať a predvídať dopyt (Modgil, 2022). Schopnosti AI boli kľúčové pre zvládanie zvýšeného objemu objednávok a zlepšenie spokojnosti zákazníkov počas obdobia, keď bolo bežné nakupovanie obmedzené. V dôsledku toho mohla vzrásť hodnota pracovníkov s AI zručnosťami v dopravných a logistických sektoroch, čo sa mohlo prejavovať aj na ich mzdovom ohodnotení. Taktiež, tento jav by mohol byť spôsobený v povolaniach v rámci poľnohospodárstva zvýšeným využívaním AI technológií, ako sú drony a robotické systémy (Joshi, 2020), ktoré mohli byť počas globálnej krízy COVID-19 nasadzované na zavlažovanie, hnojenie alebo zber plodín. Tieto technológie si vyžadovali špecifické zručnosti v oblasti AI, ktoré pred pandémiou neboli v tomto sektore bežné. Pracovníci, ktorí tieto zručnosti ovládali, sa vďaka rastúcemu dopytu po ich schopnostiach nakoniec mohli dostať k finančne lepšiemu ohodnoteniu.

Nakoniec, koeficient pre mieru ohrozenosti AI v regresnej rovnici (8) vykazuje negatívny a štatisticky významný efekt na mzdy, čo naznačuje, že zatiaľ čo dopyt po AI zručnostiach mal pozitívny vplyv na rast miezd, samotná ohrozenosť povolání AI môže byť spojená so znížením mzdového rastu v týchto nízko ohrozených povolaniach AI. Na základe našich zistení musíme hypotézu H4 zamietnuť, pretože aj keď pozorujeme mierny efekt na rast miezd, pri koeficiente miery ohrozenosti AI ide o negatívny vplyv, čo je v priamom rozpore s hypotézou H4, ktorá predpovedá mierny pozitívny vplyv rastu miezd. Naše zistenia môžu odrážať možnú skutočnosť, že firmy, ktoré sa počas daného obdobia začali orientovať na automatizáciu

s cieľom zvýšiť efektívnosť a znížiť náklady, môžu byť menej ochotné platiť rovnako vysoké mzdy za prácu, ktorú AI môže efektívne vykonávať. V skratke, ak sa pozície v týchto povolaniach stali viac automatizovanými, mzdy zamestnancov mohli začať klesať. Čo sa týka koeficientu miery ohrozenosti priemyselnými robotmi vidíme, že taktiež má negatívny dopad na rast miezd v týchto povolaniach, ale na základe výsledkov v regresnej rovnici (8) vidíme, že negatívnejší vplyv na mzdy v tomto prípade zachytávame pri povolaniach, ktoré sú vystavené viac AI.

**Tabuľka 6: Vzťah medzi AI a mzdou vo vybraných povolaniach**

VARIABLES	Webb				Felten			
	(1) most AI exposed	(2) most AI exposed	(3) least AI exposed	(4) least AI exposed	(5) most AI exposed	(6) most AI exposed	(7) least AI exposed	(8) least AI exposed
pct_ai		-0.0425*** (0.00470)		0.0263*** (0.00222)		0.0661*** (0.00395)		-0.0237** (0.0114)
pct_software		0.142*** (0.0114)		-0.0349*** (0.00411)		-0.110*** (0.00486)		-0.00749 (0.0100)
pct_robot		-0.0818*** (0.00692)		0.0238*** (0.00337)		0.0754*** (0.00679)		-0.152*** (0.0272)
share_AI_occup	0.734 (0.459)		0.199* (0.108)		2.567*** (0.194)		14.90*** (3.927)	
Observations	1,559	1,819	3,448	4,032	2,131	2,494	1,118	1,301
R-squared	0.000	0.263	0.002	0.077	0.220	0.317	0.020	0.387
Number of country_id	23	27	23	27	23	27	23	27
Control variables	No	No	No	No	No	No	No	No
Country fixed effects	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Robust standard errors in parentheses

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

#### 4.4.2 Dopady AI na zamestnanosť na úrovni vybraných povolání

Výsledky ďalšej regresnej analýzy sú sumarizované v tabuľke č. 7, kde sme analyzovali vplyv AI na zamestnanosť v rôznych skupinách povolání na území EÚ. Tak isto ako v predchádzajúcej analýze, najviac a najmenej ohrozené povolania AI označené podľa Webbovho indexu sú uvedené v regresných rovniciach (1) až (4), zatiaľ čo regresné rovnice (5) až (8) prezentujú výsledky pre skupiny povolání, ktoré boli charakterizované na základe Feltenovho indexu ako najviac a najmenej ohrozené povolania AI.

Pri prvom pohľade na koeficienty v regresných rovniciach (1) až (4), vidíme, že podiel online inzerátov požadujúcich AI schopnosti nevykazuje štatistickú významnosť ani v skupine povolání, ktoré sú hodnotené Webbovým indexom ako najviac vystavené AI (povolania týkajúce sa poľnohospodárstva, technických oblastí a výroby), ani v skupine povolání s najmenším rizikom nahradenia AI (povolania týkajúce sa predaja, zdravotníctva a osobných služieb). To by mohlo naznačovať, že počet online pracovných ponúk, ktoré vyžadujú AI zručnosti nemali v sledovanom období viditeľný dopad na zamestnanosť v týchto povolaniach na európskom trhu práce.

Regresná rovnica (2) ukazuje, že koeficient pre ohrozenosť AI je negatívny a štatisticky významný na 1% hladine významnosti. To naznačuje, že zvýšené riziko nahradenia povolání AI môže viesť k mierne nižšiemu rastu zamestnanosti v príslušnej skupine povolání. Naše zistenia čiastočne potvrdzujú hypotézu H3, ktorá predpovedá, že vo všeobecnosti v krajinách EÚ nie je zaznamenaný významný pokles zamestnanosti v povolaniach vysoko ohrozených AI. Zistili sme len mierne zníženie zamestnanosti, čo neodráža významný pokles. Naopak, hypotéza H2 je vyvrátená, keďže sme skutočne zaznamenali pokles zamestnanosti, zatiaľ čo hypotéza H2 predpokladala zvýšenie podielu zamestnanosti.

V povolaniach, ktoré sú na základe Webbovho indexu označené ako za menej ohrozené AI, regresná rovnica (4) odhalila pozitívny a štatisticky významný vplyv ohrozenosti AI na zamestnanosť. Tento výsledok ukazuje, že aj mierne zvýšenie ohrozenosti AI môže viesť k rastu zamestnanosti v týchto povolaniach. Zaujímavé je tiež porovnanie s koeficientom ohrozenosti priemyselnými robotmi, ktorý je veľmi podobný tomu od AI, čo poukazuje na to, že v danom období oba typy ohrozenosti mali rovnaký pozitívny vplyv na zamestnanosť v týchto menej ohrozených povolaniach. Regresné modely v prílohe č. 4 s kontrolnými



premennými ukazujú, že tento pozitívny efekt zostáva konzistentný aj po zahrnutí týchto premenných, čo potvrdzuje nezmenený hlavný vplyv obidvoch koeficientov.

Regresná rovnica (5) pre povolania zákonodarcov, riadiacich pracovníkov, špecialistov a administratívnych pracovníkov ukazuje pozitívny vplyv na zamestnanosť pri zvýšenom dopyte po AI zručnostiach, čo je štatisticky významné na 1% hladine. To naznačuje, že zvyšujúci dopyt po AI zručnostiach môže prispieť k nárastu zamestnanosti v týchto povolaniach. Tieto zistenia sú v súlade s našou hypotézou H2, ktorá predpokladá zvýšenie zamestnanosti v povolaniach s vyššou ohrozenosťou nahradenia AI. Navyše, výsledky naznačujú, že v týchto povolaniach nepozorujeme významný pokles zamestnanosti, čím sa potvrdzuje aj hypotéza H3.

Zaujímavým zistením je, že aj povolania považované za menej ohrozené AI v siedmom modeli ukazujú pozitívny efekt na zamestnanosť. Hoci tento koeficient je štatisticky významný len na 5% hladine, jeho veľkosť je väčšia oproti koeficientu pre vysoko ohrozené povolania, čo odhaľuje silnejší pozitívny vplyv zvýšeného dopytu po AI zručnostiach na zamestnanosť v menej ohrozených povolaniach.

V skupine povolání, ktoré sú považované za vysoko ohrozené AI, regresná rovnica (6) ukazuje, že zvýšenie ohrozenosti AI môže viesť k rastu zamestnanosti na európskom trhu práce. Toto pozorovanie potvrdzuje našu hypotézu H2, ktorá tvrdí, že v povolaniach s vyššou ohrozenosťou AI sa zvyčajne zvýši podiel zamestnanosti. Týmto zistením potvrdzujeme, že zvýšená ohrozenosť AI v týchto povolaniach nevedie k poklesu, ale skôr k rastu zamestnanosti, čo je pozitívne pre trh práce v EÚ. Ďalej, ak zvýšenie ohrozenosti AI vedie k rastu zamestnanosti, tak aj naša hypotéza H3 sa potvrdzuje. Táto hypotéza predpokladá, že na európskom trhu práce nebude vo všeobecnosti zaznamenaný pokles zamestnanosti v povolaniach, ktoré sú vysoko ohrozené AI. Naše zistenia naznačujú, že ohrozenosť AI môže dokonca povzbudiť dopyt po pracovných miestach, čo je v protiklade s očakávaným negatívnym vplyvom. Výsledky naznačujú, že zvýšenie dopytu po AI zručnostiach môže v skutočnosti generovať nové pracovné príležitosti.

V poslednom modeli, uvedenom v tabuľke č. 7, pozorujeme povolania, ktoré sú označené ako nízko ohrozené AI. Výsledky ukazujú, že koeficient pre ohrozenosť AI nie je štatisticky významný. Toto zistenie potvrdzuje naše očakávania, že v povolaniach minimálne ohrozených

AI, zvýšenie tohto rizika nemá významný vplyv na zamestnanosť, čo je v súlade s predpokladom, že AI nepredstavuje v týchto prípadoch priame riziko pre pracovné miesta.

**Tabuľka 7: Vzťah medzi AI a zamestnanosťou vo vybraných povolaniach**

VARIABLES	Webb				Felten			
	(1) most AI exposed	(2) most AI exposed	(3) least AI exposed	(4) least AI exposed	(5) most AI exposed	(6) most AI exposed	(7) least AI exposed	(8) least AI exposed
pct_ai		-0.0461*** (0.00361)		0.0208*** (0.00174)		0.0634*** (0.00380)		-0.0131 (0.0125)
pct_software		0.117*** (0.00781)		-0.0317*** (0.00314)		-0.0954*** (0.00411)		-0.000825 (0.0105)
pct_robot		-0.0599*** (0.00544)		0.0202*** (0.00310)		0.0755*** (0.00541)		-0.166*** (0.0287)
share_AI_occup	0.251 (0.469)		0.0402 (0.0891)		1.908*** (0.183)		8.141** (3.395)	
Observations	1,565	1,825	3,447	4,031	2,134	2,497	1,114	1,297
R-squared	0.000	0.219	0.000	0.049	0.147	0.305	0.006	0.451
Number of country_id	23	27	23	27	23	27	23	27
Control variables	No	No	No	No	No	No	No	No
Country fixed effects	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Robust standard errors in parentheses

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

## 4.5 Vplyv AI na úrovni odvetví

V tejto kapitole sa venujeme poslednej analýze, ktorá skúma vplyv automatizácie na mzdy a zamestnanosť vo vybraných odvetviach. Sústredili sme sa na dve kľúčové odvetvia, ktorými sú služby a priemysel. Odvetvie služieb sme vybrali na základe existujúcich štúdií poukazujúcich na vysokú mieru ohrozenia týchto pracovných pozícií prostredníctvom AI (Felten et al., 2021; Pizzinelli et al., 2023), zatiaľ čo odvetvie priemyslu je známe svojím vysokým vystavením riziku priemyselných robotov (Gihleb et al., 2022). Toto rozdelenie nám poskytuje možnosť porovnať, ako sa AI a priemyselné roboty líšia vo svojom vplyve na trh práce v rôznych odvetviach.

Hlavným zámerom našej analýzy je skúmať, ako AI ovplyvňuje trh práce na úrovni odvetví, ale zároveň je nevyhnutné zahrnúť do skúmania aj priemyselné roboty. Dôvodom je, že priemyselné roboty v našom výskume slúžia ako protiváha AI, čo nám umožňuje hlbšie pochopenie vzájomných dynamík medzi týmito technológiami. Okrem toho, súčasťou našich hypotéz sú aj predpoklady týkajúce sa efektov priemyselných robotov, čo si vyžaduje ich dôkladnú analýzu. Výsledky pre odvetvie priemyslu sú zobrazené v prvých dvoch modeloch tabuliek č.8 a č.9, zatiaľ čo tretí a štvrtý model poskytujú údaje o dopade technológií v odvetví služieb.

### 4.5.1 Dopady AI na mzdy na úrovni vybraných odvetví

Pri analýze vplyvu požiadaviek na AI zručnosti v online inzerátoch na mzdy sme zaznamenali v regresných rovniciach (1) a (3), že v odvetví priemyslu aj služieb má zvýšený dopyt po týchto zručnostiach negatívny efekt na mzdy, čo je štatisticky významné zistenie. Tento negatívny dopad na mzdy je však v odvetví služieb výraznejší. Tieto zistenia potvrdzujú, že odvetvie služieb je viac ovplyvnené požiadavkami na AI zručnosti, čo spôsobuje v tomto sektore väčšie zmeny v mzdovej štruktúre oproti priemyslu. Zároveň však naše zistenia vedú k zamietnutiu hypotézy H1, ktorá predpokladala vyšší rast miezd v povolaniach ohrozených AI (resp. odvetvie služieb) v porovnaní s tými, ktoré sú ohrozené priemyselnými robotmi (resp. odvetvie priemyslu), ako aj hypotézy H4, ktorá tvrdila, že povolania ovplyvnené AI (resp. odvetvie služieb) vykazujú pozitívny, avšak malý rast miezd. Obe tieto hypotézy sme teda museli zamietnuť, pretože výsledky ukázali opačný trend, a to negatívny vplyv na mzdy.

Výsledky v druhom modeli taktiež naznačujú, že v rámci odvetvia priemyslu má zvýšenie ohrozenosti priemyselnými robotmi o niečo negatívnejší vplyv na mzdy v porovnaní so zvýšením ohrozenosti AI na európskom trhu práce. Z toho vyplýva, že priemyselné roboty vykazujú vyššie riziko pre rast miezd v odvetví priemyslu než AI technológie, čo podporuje náš predpoklad o vyššej ohrozenosti priemyselnými robotmi v odvetví priemyslu.

Ďalej v tabuľke č.8 zaznamenávame, že v rámci odvetvia služieb, kde sme očakávali vyššiu ohrozenosť práve AI technológiami, je situácia odlišná. Výsledky v regresnej rovnici (4) ukazujú, že zvýšenie ohrozenosti priemyselnými robotmi má mierne pozitívny vplyv na mzdy, zatiaľ čo ohrozenosť AI nevykazuje štatisticky významný vplyv na mzdy v danom období a v tomto odvetví. Aj keď predpokladáme, že služby nie sú tak ohrozené priemyselnými robotmi ako odvetvie priemyslu, zistujeme, že tento druh technológie môže prispieť k efektívnejšiemu plneniu úloh alebo k lepšej kvalite služieb, čo sekundárne môže viesť k vyšším mzdám. Naopak, nevýznamný vplyv ohrozenosti AI môže signalizovať, že v tomto konkrétnom časovom období, 2019 až 2020, a našej vzorke nemajú AI technológie taký vplyv na mzdy, ako sme očakávali. Navyše, podľa výsledkov z odvetvia služieb musíme zamietnuť hypotézu H4, ktorá predpokladá, že povolania ovplyvnené AI (resp. odvetvie služieb) vykazujú pozitívnu, avšak malú zmenu miezd.

Pri porovnaní vplyvu priemyselných robotov na mzdy v odvetviach priemyslu a služieb sme zistili, že priemyselné roboty majú v odvetví priemyslu negatívny a silnejší vplyv na mzdy ako v odvetví služieb, kde ich vplyv zaznamenávame ako mierne pozitívny. To znamená, že zvýšenie ohrozenosti priemyselnými robotmi v odvetví služieb môže viesť k miernemu zvýšeniu miezd, zatiaľ čo v odvetví priemyslu vedie k miernemu zníženiu miezd. Naše výsledky podporujú modely s kontrolnými premennými, uvedené v prílohe č.5, ktoré ukazujú veľmi podobné koeficienty ako regresné rovnice (2) a (4) v tabuľke č. X. To potvrdzuje, že hlavné efekty ostali rovnaké aj pri pridaní kontrolných premenných do modelu. Tento fakt svedčí o spoľahlivosti a stabilite nášho modelu.

Čo sa týka našich hypotéz, hypotéza H1 predpokladá, že povolania ohrozené AI (resp. odvetvie služieb) zaznamenávajú vyšší rast miezd než povolania ohrozené priemyselnými robotmi (resp. odvetvie priemyslu). Na základe našich zistení môžeme hypotézu H1 potvrdiť, pretože naše výsledky jasne ukazujú, že vplyv na mzdy je v odvetví služieb pozitívny, zatiaľ čo v odvetví priemyslu je negatívny, čo súhlasí s predpokladom o vyššom

raste miezd v povolaniach ohrozených AI (resp. odvetvie služieb) oproti tým, čo sú ohrozené priemyselnými robotmi (resp. odvetvie priemyslu). Hypotéza H4, ktorá predpokladá, že povolania ovplyvnené AI (resp. odvetvie služieb) vykazujú pozitívnu, avšak malú zmenu miezd, sa tiež potvrdzuje v odvetví služieb, kde sme zaznamenali mierny pozitívny vplyv na mzdy prostredníctvom priemyselných robotov.

**Tabuľka 8: Vzťah medzi automatizáciou a mzdami vo vybraných odvetviach**

VARIABLES	(1) Sector of industry	(2) Sector of industry	(3) Sector of service	(4) Sector of service
pct_ai		-0.0247*** (0.00795)		0.00748 (0.00487)
pct_robot		-0.0703*** (0.0147)		0.0116*** (0.00194)
pct_software		0.131*** (0.0274)		-0.0314*** (0.00656)
share_AI_occup	-0.379** (0.163)		-0.844*** (0.125)	
Observations	1,093	1,268	2,334	2,729
R-squared	0.004	0.144	0.027	0.066
Number of country_id	23	27	23	27
Control variables	No	No	No	No
Country fixed effects	Yes	Yes	Yes	Yes

Robust standard errors in parentheses

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

#### 4.5.2 Dopady AI na zamestnanosť na úrovni vybraných odvetví

V tabuľke č.9 predstavujeme výsledky našej analýzy, ktorá skúmala vplyv automatizácie na zamestnanosť v rámci európskeho trhu práce. Naše zistenia naznačujú, že zvýšený dopyt po AI zručnostiach môže negatívne ovplyvniť rast zamestnanosti v odvetví služieb aj v priemysle. Ako je vidieť v regresných rovniciach (1) a (3), oba koeficienty vykazujú štatistickú významnosť na 1% hladine významnosti, čo naznačuje vysokú pravdepodobnosť, že zistený vplyv je skutočný. Tento negatívny efekt je však silnejší v odvetví služieb, čo potvrdzuje, že toto odvetvie je na zmeny zamestnanosti zavádzaním AI technológií citlivejšie v porovnaní s odvetvím priemyslu. Pri pohľade na prílohu č.6 si môžeme všimnúť, že aj po zahrnutí kontrolných premenných zostáva efekt v odvetví služieb dominantný, čo znamená, že naše zistenia sú robustné a spoľahlivé.

Hypotéza H2 tvrdí, že v povolaniach ohrozených AI by sme mali vidieť nárast zamestnanosti. Naše zistenia však ukazujú, že v odvetví služieb, ktoré považujeme za vysoko ohrozené AI, došlo skôr k poklesu zamestnanosti v dôsledku zvýšeného dopytu po AI zručnostiach. Tým pádom musíme hypotézu H2 zamietnuť, pretože namiesto predpovedaného nárastu sme zaznamenali opačný efekt. Podľa hypotézy H3 očakávame, že napriek rozdielom medzi krajinami EÚ nezaznamenáme významný pokles zamestnanosti v povolaniach ohrozených AI. Naše výsledky však ukazujú, že v odvetví služieb, ktoré považujeme za silne ohrozené AI, sme zistili mierny, ale štatisticky významný pokles zamestnanosti. Tento mierny pokles je blízko hranice významného vplyvu, čo nás vedie k zamietnutiu hypotézy H3. V odvetví, ktoré je výrazne ovplyvnené AI, sme totiž pozorovali negatívny efekt, ktorý je v priamom rozpore s predpokladom hypotézy.

V odvetví priemyslu naše výsledky ukazujú, že zvýšenie ohrozenosti AI by mohlo spôsobiť mierne zníženie zamestnanosti. Avšak, zvýšená ohrozenosť povolání priemyselnými robotmi sa spája s ešte väčším poklesom zamestnanosti. To nám ukazuje, že priemyselné roboty predstavujú v odvetví priemyslu výraznejšiu hrozbu pre zamestnanosť ako AI, čo poukazuje na to, že v tomto odvetví je riziko automatizácie priemyselnými robotmi výraznejšie v porovnaní s rizikom AI.

V odvetví služieb sme pozorovali, že zvýšená ohrozenosť robotmi nečakane vedie k nárastu zamestnanosti. To môže byť spôsobené tým, že roboty sa tu využívajú na automatizáciu rutinných úloh, čím sa zamestnanci môžu sústrediť na zložitejšie a kreatívnejšie práce. Taktiež im to umožňuje nadviazať priamejší kontakt so zákazníkmi, čo je prvok ich práce, ktorý je v odvetví služieb obzvlášť oceňovaný (Intel). V priemysle naopak dominuje skôr nahradenie ľudskej práce, čo vedie k zníženiu zamestnanosti. Roboty v priemysle efektívne preberajú úlohy, ktoré predtým vykonávali ľudia, čím znižujú potrebu ľudskej práce. Tieto pozorovania naznačujú, že efekt na zamestnanosť spôsobený ohrozenosťou priemyselnými robotmi môže byť rozmanitý - pozitívny v službách a negatívny v priemysle. Výraznejší negatívny dopad na zamestnanosť v odvetví priemyslu však súhlasí s očakávaniami, čo ukazuje, že priemyselné roboty majú v tomto odvetví dominantnejší vplyv na zamestnanosť.

Pri pohľade na štvrtý model v našej analýze pri odvetví služieb zistíme, že koeficient pri miere ohrozenosti AI je štatisticky nevýznamný, čo je prekvapivé, keďže sme očakávali zaznamenať aspoň nejaký efekt na zamestnanosť v tomto sektore. Na druhej strane, v odvetví

priemyslu vidíme, že ohrozenosť AI vykazuje negatívny a štatisticky významný koeficient na 1% hladine významnosti. Toto naznačuje, že zvýšené riziko nahradenia pracovných pozícií AI môže byť spojené s miernym poklesom zamestnanosti v priemysle.

Z našich zistení teda vyplýva, že v odvetví služieb zvýšenie ohrozenosti priemyselnými robotmi mierne zvyšuje zamestnanosť, zatiaľ čo zvýšenie ohrozenosti AI nemá žiadny štatisticky významný vplyv na zamestnanosť. Na základe našich zistení by sme mohli hypotézu H3 považovať za potvrdenú, keďže neevidujeme významný pokles zamestnanosti – v prípade priemyselných robotov dokonca registrujeme mierny nárast. Vzhľadom na to, že zvýšenie ohrozenosti AI nemalo štatisticky významný vplyv na zamestnanosť v odvetví služieb, hypotéza H2 sa na našej vzorke dáť zamieta.

**Tabuľka 9: Vzťah medzi automatizáciou a zamestnanosťou vo vybraných odvetviach**

VARIABLES	(1) Sector of industry	(2) Sector of industry	(3) Sector of service	(4) Sector of service
pct_ai		-0.0308*** (0.00930)		-0.00103 (0.00385)
pct_robot		-0.0698*** (0.0165)		0.0152*** (0.00210)
pct_software		0.144*** (0.0321)		-0.0303*** (0.00537)
share_AI_occup	-0.885*** (0.161)		-0.956*** (0.129)	
Observations	1,100	1,275	2,337	2,732
R-squared	0.020	0.128	0.037	0.129
Number of country_id	23	27	23	27
Control variables	No	No	No	No
Country fixed effects	Yes	Yes	Yes	Yes

Robust standard errors in parentheses

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1



## Záver

Diplomová práca s názvom „Vplyv automatizácie na budúcnosť práce“ poskytuje podrobný prehľad o tom, ako AI technológie ovplyvňujú mzdy a zamestnanosť na rôznych regionálnych úrovniach, v rôznych skupinách povolání a odvetviach v rámci Európskej únie, konkrétne počas rokov 2019 a 2020. Hoci sa diplomová práca zameriava predovšetkým na dopady AI, zahŕňa taktiež čiastočnú analýzu vplyvu priemyselných robotov.

V úvodnej časti práce sme sa venovali prieskumu aktuálnych odhadov dopadov automatizačných technológií na pracovné miesta a mzdy, čím sme nastavili teoretický základ pre našu analýzu. Opierali sme sa hlavne o zahraničné a slovenské štúdie z internetových zdrojov.

V druhej časti práce sme si stanovili jasné a relevantné ciele, ktoré nám umožnili systematicky pristupovať k dosiahnutiu výsledkov našej diplomovej práce. Tretia časť podrobne opisuje metodológiu, ktorú sme uplatnili pri analýze zozbieraných dát, vrátane detailného rozboru použitej štruktúry dát.

Prvá časť štvrtej kapitoly našej práce sa sústredila na analýzu vývoja počtu online inzerátov, ktoré vyžadovali AI zručnosti v krajinách V4 v období od roku 2019 do 2023. Táto analýza ukázala, že záujem o AI zručnosti v týchto krajinách v posledných rokoch výrazne vzrástol. Zistili sme tiež, že zamestnávateľia začínajú preferovať kandidátov skôr s praktickými skúsenosťami, čo naznačuje posun od predchádzajúceho dôrazu na formálne vzdelanie, ktoré bolo ešte pred piatimi rokmi omnoho dôležitejšie. Analýza ukazuje, že najväčší dopyt po AI zručnostiach je na pozíciách špecialistov, kde je v priemere najväčší dopyt po zručnostiach súvisiacich s „Variational Autoencoders“, zatiaľ čo v roku 2019 to bola „Apache Spark“. Tento posun odzrkadľuje rýchly vývoj technológií a posun od tradičných nástrojov na spracovanie dát k novším a špecializovanejším metódam, ktoré sú lepšie prispôbené pre pokročilé aplikácie v oblasti strojového učenia.

V druhej časti štvrtej kapitoly sme analyzovali, aký dopad mala automatizácia, najmä v podobe AI, na mzdy a zamestnanosť v rôznych regiónoch, skupinách povolání a odvetviach Európskej únie v rokoch 2019 a 2020.

V rámci analýzy vplyvu AI na mzdy so zameraním na regionálne pracovné trhy v EÚ, sme zistili, že zvýšený dopyt po AI zručnostiach mal ešte výraznejší dopad na mzdy, s možným nárastom o približne 0,448 - 1,325 percentuálneho bodu, kde najsilnejší dopad bol odhalený v regióne západnej Európy, kde mohlo zvýšenie dopytu po AI zručnostiach viesť k nárastu miezd až o 1,325 percentuálneho bodu, čo predstavuje vyšší vplyv než je celoeurópsky priemer 1,022 percentuálneho bodu. Ďalej naše výsledky ukazujú, že ohrozenosť povolání AI mohla mať mierny vplyv na zvýšenie miezd, konkrétne o 0,040 - 0,046 percentuálneho bodu v rôznych regiónoch EÚ, pričom najvýraznejší dopad sme zaznamenali v regióne V4. Navyše, koeficient pri indexe ohrozenosti AI ukázal vyšší rast miezd v porovnaní s ohrozenosťou priemyselnými robotmi, čo sa potvrdilo vo všetkých sledovaných regiónoch a tým sme overili našu hypotézu o tomto trende.

Pri skúmaní vplyvu AI na zamestnanosť v rôznych regiónoch EÚ naše výsledky naznačujú pozitívnu súvislosť medzi zvýšením ohrozenosti AI a rastom zamestnanosti. Konkrétne, zvýšenie ohrozenosti AI mohla zvýšiť zamestnanosť o približne 0,0314 - 0,0381 percentuálnych bodov v rôznych regiónoch EÚ. Čo sa týka dopytu po AI zručnostiach, štatisticky významné výsledky sme zaznamenali iba na celoeurópskej úrovni a v regióne západnej Európy, kde zvýšenie dopytu po AI zručnostiach vedie k nárastu zamestnanosti o 0,586 , respektíve 0,865 percentuálnych bodov. V regiónoch strednej, východnej Európy a vo V4 sme však zaznamenali štatisticky nevýznamné výsledky. Keďže pri tejto analýze sme nezaznamenali významný pokles zamestnanosti v žiadnom z analyzovaných regiónov, potvrdila sa nám hypotéza o stabilite zamestnanosti medzi krajinami EÚ napriek rastúcej ohrozenosti AI.

Skupiny povolání, ktoré boli identifikované ako najviac vystavené AI technológiám, vykazovali pri zvyšujúcom sa dopyte po AI zručnostiach buď výrazné zvýšenie miezd alebo žiadnu zmenu. Tento výsledok len čiastočne podporuje hypotézu o miernom pozitívnom raste miezd v týchto skupinách povolání. Zaujímavým zistením bolo, že v rovnakom období bolo zaznamenané zvýšenie miezd aj v menej ohrozených povolaniach. Tento rast v oboch skupinách mohol byť spôsobený zvýšeným dopytom po zamestnancoch s AI zručnosťami, ktorý bol ďalej umocnený náhlym vypuknutím pandémie COVID-19.

Pri povolaniach najviac ohrozených AI nebol nezaznamenaný významný pokles zamestnanosti ani prostredníctvom zvýšeného dopytu po AI zručnostiach, ani zvýšenou ohrozenosťou AI. Tento výsledok potvrdzuje hypotézu, ktorá predpokladá, že v povolaniach

s vysokou ohrozenosťou nahradenia AI nedochádza k poklesu zamestnanosti napriek určitým podobnostiam medzi krajinami EÚ. Navyše, v jednej skupine vysoko ohrozených AI povolání sme dokonca zaznamenali zvýšenie zamestnanosti, čo podporuje hypotézu, naznačujúcu, že v takýchto povolaniach môže dochádzať k nárastu zamestnanosti. Zaujímavým zistením je, že v povolaniach, ktoré sú považované za najmenej ohrozené AI, zvýšený dopyt po AI zručnostiach aj zvýšená ohrozenosť týmito technológiami viedli k rastu zamestnanosti alebo nemajú žiaden vplyv na zamestnanosť. Zaznamenaný rast zamestnanosti v oboch typoch skupín povolání môže byť tiež ovplyvnený pandémiou COVID-19, keď sa mohlo očakávané postupné zvyšovanie zamestnanosti prudko zvýšiť v dôsledku vyššieho dopytu po AI zručnostiach.

Predmetom našej tretej analýzy bolo analyzovať dopady AI a čiastočne aj priemyselných robotov na mzdy a zamestnanosť v odvetviach služieb a priemyslu. Zistili sme, že zvýšenie dopytu po AI zručnostiach viedlo v oboch odvetviach k miernemu zníženiu miezd a zamestnanosti, pričom v odvetví služieb bol tento vplyv mierne intenzívnejší. Hypotézy o rastúcim mzdách a zamestnanosti sa v tomto prípade pri týchto našich výsledkoch zamietajú pre oba odvetvia. Na základe týchto zistení sme zamietli hypotézy predpokladajúce zvýšenie miezd a zamestnanosti, keďže výsledky ukazujú na mierny pokles v oboch sledovaných odvetviach, čo však vedie k potvrdeniu hypotézy, ktorá hovorí o neočakávanom výraznom poklese zamestnanosti. Koeficient ohrozenosti AI nevykazoval dopad na mzdy ani zamestnanosť v odvetví služieb, zatiaľ čo v priemysle sme zaznamenali mierny negatívny vplyv na tieto parametre. Naopak, ohrozenosť priemyselnými robotmi v odvetví služieb paradoxne vykázala mierny pozitívny efekt na mzdy a zamestnanosť, čo naznačuje možné pozitívne dôsledky automatizácie vo forme zvýšenej efektivity alebo kvality služieb. V priemysle, kde je vplyv priemyselných robotov výraznejší, sme zaznamenali zníženie miezd aj zamestnanosti, čo naznačuje, že v tomto odvetví môže automatizácia vyvíjať väčší tlak na znižovanie pracovných miest v danom období.

Na základe našich výskumných zistení sme dospeli k zisteniu, že dopady AI mzdy a zamestnanosť v EÚ sú viacrozmerné a ovplyvnené rôznymi faktormi, pričom pandémia COVID-19 mala výrazný vplyv na naše sledované obdobie. Napriek rozmanitosti pozitívnych aj negatívnych vplyvov sme boli schopní určiť niekoľko spoločných trendov, ktoré môžu pomôcť pri predikcii budúceho vývoja a riadení pracovných politík.

## Zoznam použitej literatúry

- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2020). Robots and jobs: Evidence from US labor markets. In *Journal of political economy*, 128(6), pp. 2188-2244. <https://doi.org/10.1086/705716>
- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2022). Tasks, automation, and the rise in US wage inequality. In *Econometrica*, 90(5), pp. 1973-2016. <https://doi.org/10.3982/ECTA19815>
- Adachi, D., Kawaguchi, D., & Saito, Y. U. (2022). Robots and employment: Evidence from Japan, 1978–2017. In *Journal of Labor Economics*. In *Journal of Labor Economics*. Dostupné na Internet: [https://daisukeadachi.github.io/assets/papers/robot\\_japan\\_latest.pdf](https://daisukeadachi.github.io/assets/papers/robot_japan_latest.pdf)
- Aghion, P., Antonin, C., Bunel, S., & Jaravel, X. (2023). The effects of automation on labor demand. In *Robots and AI: A new Economic Era*, pp. 15-39. <https://doi.org/10.4324/9781003275534>
- Aksoy, C. G., Özcan, B., & Philipp, J. (2021). Robots and the gender pay gap in Europe. In *European Economic Review*, 134. <https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2021.103693>
- Albanesi, S., Da Silva, A. D., Jimeno, J. F., Lamo, A., & Wabitsch, A. (2023). New technologies and jobs in Europe. In *National Bureau of Economic Research Working paper*. Dostupné na Internet: <https://www.nber.org/papers/w31357>
- Albinowski, M., & Lewandowski, P. (2023). The impact of ICT and robots on labour market outcomes of demographic groups in Europe. In *Labour Economics*, 87. <https://doi.org/10.1016/j.labeco.2023.102481>
- Arntz, M., Gregory, T., & Zierahn, U. (2016). The risk of automation for jobs in OECD countries: A comparative analysis. In *OECD Social, Employment and Migration Working papers*, 189. <https://doi.org/10.1787/1815199X>
- Barth, E., Roed, M., Schøne, P., & Umblijs, J. (2020). How robots change within-firm wage inequality. In *IZA Discussion papers*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3679011>
- Bekhtiar, K., Bittschi, B., & Sellner, R. (2021). Robots at work? Pitfalls of industry level data. In *WIFO Working Papers*, 639. Dostupné na Internet: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/249259/1/1780951612.pdf>

- Belloni, M., Tijdens, K. (2017, October). Occupation > industry predictions for measuring industry in surveys. In *Synergies for Europe's research infrastructures in the Social Sciences*. Dostupné na Internetu: [https://www.researchgate.net/publication/335703534\\_Occupation\\_industry\\_predictions\\_for\\_measuring\\_industry\\_in\\_surveys](https://www.researchgate.net/publication/335703534_Occupation_industry_predictions_for_measuring_industry_in_surveys)
- Bessen, J., Goos, M., Salomons, A., & van den Berge, W. (2020, May). Firm-level automation: Evidence from the Netherlands. In *AEA Papers and Proceedings*, 110, pp. 389-393. Dostupné na Internetu: <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/pandp.20201004>
- Bonfiglioli, A., Crinò, R., Gancia, G., & Papadakis, I. (2022). Robots, offshoring and welfare. In *Robots and AI: A new Economic Era*, pp. 40-81. <https://doi.org/10.4324/9781003275534>
- Borjas, G. J., & Freeman, R. B. (2019). From immigrants to robots: The changing locus of substitutes for workers. In *RSF: The Russell Sage Foundation Journal of the Social Sciences*, 5(5), pp. 22-42. <https://doi.org/10.7758/RSF.2019.5.5.02>
- Bowles, J. (2014, July 24). The computerization of European Jobs. In *Bruegel*. Dostupné na Internetu: <https://www.bruegel.org/blog-post/computerisation-european-jobs>
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. Vydavateľstvo WW Norton & Company.
- Brynjolfsson, E., Mitchell, T., & Rock, D. (2018, May). What can machines learn and what does it mean for occupations and the economy?. In *AEA papers and proceedings*, 108, pp. 43-47. <https://doi.org/10.1257/pandp.20181019>
- Cedefop and Refernet (2023). National artificial intelligence strategy of the Czech Republic: Chechia. In *Timeline of VET policies in Europe*. Dostupné na Internetu: <https://www.cedefop.europa.eu/en/tools/timeline-vet-policies-europe/search/36336>
- Chiacchio, F., Petropoulos, G., & Pichler, D. (2018). The impact of industrial robots on EU employment and wages: A local labour market approach. In *Bruegel Working paper*, 18(2). Dostupné na Internetu: <https://www.bruegel.org/working-paper/impact-industrial-robots-eu-employment-and-wages-local-labour-market-approach>

Compagnucci, F., Gentili, A., Valentini, E., & Gallegati, M. (2019). Robotization and labour dislocation in the manufacturing sectors of OECD countries: a panel VAR approach. In *Applied Economics*, 51(57), pp. 6127-6138. Dostupné na Internetu: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00036846.2019.1659499>

Cuccu, L., & Royuela, V. (2022, February). *Just reallocated? Robots displacement, and job quality*. Dostupné na Internetu: <https://www.ifo.de/sites/default/files/events/2022/pillars22-Cuccu.pdf>

Dauth, W., Findeisen, S., Suedekum, J., & Woessner, N. (2018). Adjusting to robots: Worker-level evidence. In *Opportunity and Inclusive Growth Institute Working Papers*, 13. <https://doi.org/10.21034/iwp.13>

Engberg, E., Koch, M., Lodefalk, M., & Schroeder, S. (2023, December 27). Artificial Intelligence, Tasks, Skills and Wages: Worker-Level Evidence from Germany. In *Örebro University School of Business Working paper*, 12. Dostupné na Internetu: <https://www.oru.se/globalassets/oru-sv/institutioner/hh/workingpapers/workingpapers2023/wp-12-2023.pdf>

European Commission (2021, September 1). *Czech Republic AI Strategy Report*. [https://ai-watch.ec.europa.eu/countries/czech-republic/czech-republic-ai-strategy-report\\_en](https://ai-watch.ec.europa.eu/countries/czech-republic/czech-republic-ai-strategy-report_en)

Eurostat Statistics Explained (2023, August 9). *International Standard Classification Of Education (ISCED)*. Dostupné na Internetu: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=International\\_Standard\\_Classification\\_of\\_Education\\_\(ISCED\)#ISCED\\_1997\\_.28fields.29\\_and\\_ISCED-F\\_2013](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=International_Standard_Classification_of_Education_(ISCED)#ISCED_1997_.28fields.29_and_ISCED-F_2013)

Faťun, M., Kučera, Z., Pazour, M., Pecha, O., Vondrák, T., Král, L., Pěchouček, M., Vokřínek, J., Krausová, A., Matejka, J., Ivančo, A., Fialová, E., Žolnerčíková, V., & Ščerba, T. (2018, December 10). *Výskum potenciálu rozvoje umělé inteligence v České republice*. <https://vlada.gov.cz/assets/evropske-zalezitosti/aktualne/AI-souhrnna-zprava-2018.pdf>

Felten, E. W., Raj, M., & Seamans, R. (2018, May). A method to link advances in artificial intelligence to occupational abilities. In *AEA Papers and Proceedings*, 108, pp. 54-57. Dostupné na Internetu: <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/pandp.20181021>

- Felten, E., Raj, M., & Seamans, R. (2021). Occupational, industry, and geographic exposure to artificial intelligence: A novel dataset and its potential uses. In *Strategic Management Journal*, 42(12), pp. 2195-2217. <https://doi.org/10.1002/smj.3286>
- Ford, M. (2015). *Rise of the Robots: Technology and the Threat of Mass Unemployment*. Vydavateľstvo Oneworld.
- Frey, C. B., & Osborne, M. (2013). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?. In *University of Oxford Working paper*. Dostupné na Internete: [https://sep4u.gr/wp-content/uploads/The\\_Future\\_of\\_Employment\\_ox\\_2013.pdf](https://sep4u.gr/wp-content/uploads/The_Future_of_Employment_ox_2013.pdf)
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?. In *Technological forecasting and social change*, 114(2), pp. 254-280. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019>
- Ge, S., & Zhou, Y. (2020). Robots, computers, and the gender wage gap. In *Journal of Economic Behavior & Organization*, 178, pp. 194-222. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2020.07.014>
- Gihleb, R., Giuntella, O., Stella, L., & Wang, T. (2022). Industrial robots, workers' safety, and health. In *Labour economics*, 78, <https://doi.org/10.1016/j.labeco.2022.102205>
- Giuntella, O., & Wang, T. (2019). Is an army of robots marching on Chinese jobs?. In *IZA – Institute of Labor Economics*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3390271>
- Gotti, G., Güner, D., & Stefany, F. (2024) *Twin transition skills dashboard*, In *Bruegel Datasets*, 1. Dostupné na Internete: <https://www.bruegel.org/dataset/twin-transition-skills-dashboard>
- Graetz, G., & Michaels, G. (2018). Robots at work. In *IZA Discussion papers - Review of Economics and Statistics*, 100(5), pp. 753-768. [https://doi.org/10.1162/rest\\_a\\_00754](https://doi.org/10.1162/rest_a_00754)
- ILOSTAT. *International Standard Classification of Occupations (ISCO-08) – Conceptual Framework*. Dostupné na Internete: <https://www.ilo.org/public/english/bureau/stat/isco/docs/annex1.pdf>

- Joshi, A., Dey, N., & Santosh, K. C. (Eds.). (2020). *Intelligent systems and methods to combat covid-19*. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-6572-4>
- Jurkat, A., Klump, R., & Schneider, F. (2023). Robots and Wages: A Meta-Analysis. In *ZBW – Leibniz Information Centre for Economics*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4666798>
- Koch, M., Manuylov, I., & Smolka, M. (2021). Robots and firms. In *The Economic Journal*, 131(638), pp. 2553-2584. <https://doi.org/10.1093/ej/ueab009>
- Kovacs, O., & Domonkos, E. (2024). Deindustrialisation and reindustrialisation patterns in V4 countries–industry 4.0 as a way forward?. In *Post-Communist Economies*, 36(4), pp. 432-463. <https://doi.org/10.1080/14631377.2024.2323834>
- Lightcast. *Lightcast open skills taxonomy*. Dostupné na Internete: <https://lightcast.io/open-skills>
- McElheran, K. (2018, September 9). Economic measurement of AI. In *National Bureau of Economic Research*. Dostupné na Internete: [https://conference.nber.org/conf\\_papers/f114642.pdf](https://conference.nber.org/conf_papers/f114642.pdf)
- Ministerstvo investícií, regionálneho rozvoja a informatizácie SR (2019). *Akčný plán digitálnej transformácie Slovenska na roky 2019 – 2022*. Dostupné na Internete: <https://mirri.gov.sk/wp-content/uploads/2019/10/AP-DT-English-Version-FINAL.pdf>
- Modgil, S., Singh, R.K. & Hannibal, C. (2022), Artificial intelligence for supply chain resilience: learning from Covid-19, In *The International Journal of Logistics Management*, 33(4), pp. 1246-1268. <https://doi.org/10.1108/IJLM-02-2021-0094>
- Nedelkoska, L., & Quintini, G. (2018). Automation, skills use and training. In *OECD Social, Employment and Migration Working papers*, 202. <https://doi.org/10.1787/1815199X>
- OECD. AI Policy Observatory (2022, September 9). *Action plan for digital transformation of Slovakia*. Dostupné na Internete: <https://oecd.ai/en/dashboards/policy-initiatives/http:%2F%2Fai.po.oecd.org%2F2021-data-policyInitiatives-25880>



OECD. AI Policy Observatory (2022, December 1). *Policy for AI development in Poland*. Dostupné na Internete: <https://oecd.ai/en/dashboards/policy-initiatives/http:%2F%2Fai.oecd.org%2F2021-data-policyInitiatives-24268>

OECD. AI Policy Observatory (2023, April 25). *Hungary's AI strategy*. Dostupné na Internete: <https://oecd.ai/en/dashboards/policy-initiatives/http:%2F%2Fai.oecd.org%2F2021-data-policyInitiatives-26765>

OECD. AI Policy Observatory (2024, January 17). *National AI Strategy of the Czech Republic*. Dostupné na Internete: <https://oecd.ai/en/dashboards/policy-initiatives/http:%2F%2Fai.oecd.org%2F2021-data-policyInitiatives-24171>

Pizzinelli, C., Panton, A. J., Tavares, M. M. M., Cazzaniga, M., & Li, L. (2023). *Labor market exposure to AI: Cross-country differences and distributional implications*. Vydavateľstvo International Monetary Fund.

Pouliakas, K. (2018). Determinants of automation risk in the EU labour market: A skills-needs approach. In *IZA Discussion papers*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3253487>

Raj, M., & Seamans, R. (2018). Artificial intelligence, labor, productivity, and the need for firm-level data. In *The economics of artificial intelligence: An agenda*, pp. 553-565. Dostupné na Internete: <https://www.nber.org/system/files/chapters/c14037/c14037.pdf>

Reljic, J., Cirillo, V., & Guarascio, D. (2023). Regimes of robotization in Europe. In *Economics Letters*, 232. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2023.111320>

Sirkin, H. L., Zinser, M., & Rose, J. R. (2015). The robotics revolution: The next great leap in manufacturing. In *The Boston Consulting Group*. Dostupné na Internete: [https://circabc.europa.eu/sd/a/b3067f4e-ea5e-4864-9693-0645e5cbc053/BCG\\_The\\_Robotics\\_Revolution\\_Sep\\_2015\\_tcm80-197133.pdf](https://circabc.europa.eu/sd/a/b3067f4e-ea5e-4864-9693-0645e5cbc053/BCG_The_Robotics_Revolution_Sep_2015_tcm80-197133.pdf)

Webb, M. (2020, January). The impact of artificial intelligence on the labor market. In *Stanford University*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3482150>

*Intel technologies*. Dostupné na Internete: <https://www.intel.com/content/www/us/en/robotics/service-robot.html>

## Prílohy

Príloha č.1 - Vzťah medzi AI a mzdou vo vybraných regiónoch s kontrolnými premennými

VARIABLES	(1) EU27 Countries	(2) V4	(3) West Europe	(4) East Europe	(5) Central Europe	(6) EU27 Countries	(7) V4	(8) West Europe	(9) East Europe	(10) Central Europe
pct_ai						0.0420*** (0.00150)	0.0462*** (0.00209)	0.0415*** (0.00232)	0.0401*** (0.00308)	0.0409*** (0.00247)
pct_robot						0.0187*** (0.00193)	0.0284*** (0.00453)	0.0151*** (0.00264)	0.0218*** (0.00279)	0.0246*** (0.00274)
pct_software						-0.0605*** (0.00243)	-0.0735*** (0.00338)	-0.0584*** (0.00351)	-0.0556*** (0.00368)	-0.0681*** (0.00266)
share_AI_occup	1.018*** (0.109)	0.457* (0.159)	1.314*** (0.125)	0.688** (0.207)	0.684*** (0.165)					
Observations	5,084	890	2,839	909	1,567	5,937	890	3,029	1,137	1,786
R-squared	0.098	0.084	0.116	0.068	0.089	0.228	0.274	0.228	0.194	0.261
Number of country_id	23	4	13	4	7	27	4	14	5	8
Control variables	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Country fixed effects	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Robust standard errors in parentheses

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

Príloha č.2 - Vzťah medzi AI a zamestnanosťou vo vybraných regiónoch s kontrolnými premennými

VARIABLES	(1) EU27 Countries	(2) V4	(3) West Europe	(4) East Europe	(5) Central Europe	(6) EU27 Countries	(7) V4	(8) West Europe	(9) East Europe	(10) Central Europe
pct_ai						0.0341*** (0.00152)	0.0380*** (0.00233)	0.0350*** (0.00208)	0.0318*** (0.00353)	0.0314*** (0.00280)
pct_robot						0.0173*** (0.00206)	0.0303*** (0.00257)	0.0128*** (0.00249)	0.0215*** (0.00455)	0.0227*** (0.00316)
pct_software						-0.0487*** (0.00240)	-0.0648*** (0.000984)	-0.0472*** (0.00302)	-0.0449*** (0.00519)	-0.0528*** (0.00480)
share_AI_occup	0.585*** (0.0967)	0.0920 (0.172)	0.861*** (0.0838)	0.387 (0.299)	0.257 (0.141)					
Observations	5,088	888	2,828	915	1,576	5,941	888	3,018	1,143	1,795
R-squared	0.044	0.039	0.053	0.050	0.038	0.146	0.187	0.154	0.142	0.156
Number of country_id	23	4	13	4	7	27	4	14	5	8
Control variables	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Country fixed effects	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Robust standard errors in parentheses

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

Príloha č.3 - Vzťah medzi AI a mzdami vo vybraných povolaniach s kontrolnými premennými

VARIABLES	Webb				Felten			
	(1) most AI exposed	(2) most AI exposed	(3) least AI exposed	(4) least AI exposed	(5) most AI exposed	(6) most AI exposed	(7) least AI exposed	(8) least AI exposed
pct_ai		-0.0427*** (0.00466)		0.0262*** (0.00222)		0.0661*** (0.00402)		-0.0222* (0.0114)
pct_software		0.142*** (0.0114)		-0.0346*** (0.00406)		-0.110*** (0.00478)		-0.00866 (0.00987)
pct_robot		-0.0821*** (0.00691)		0.0238*** (0.00330)		0.0757*** (0.00659)		-0.148*** (0.0273)
share_AI_occup	0.828 (0.516)		0.198* (0.107)		2.561*** (0.191)		14.60*** (3.876)	
Observations	1,559	1,819	3,448	4,032	2,131	2,494	1,118	1,301
R-squared	0.082	0.340	0.076	0.145	0.288	0.380	0.161	0.521
Number of country_id	23	27	23	27	23	27	23	27
Control variables	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Country fixed effects	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Robust standard errors in parentheses

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0

Príloha č.4 - Vzťah medzi AI a zamestnanosťou vo vybraných povolaniach s kontrolnými premennými

VARIABLES	Webb				Felten			
	(1) most AI exposed	(2) most AI exposed	(3) least AI exposed	(4) least AI exposed	(5) most AI exposed	(6) most AI exposed	(7) least AI exposed	(8) least AI exposed
pct_ai		-0.0462*** (0.00359)		0.0207*** (0.00174)		0.0634*** (0.00383)		-0.0117 (0.0123)
pct_software		0.117*** (0.00780)		-0.0316*** (0.00314)		-0.0954*** (0.00405)		-0.00190 (0.0103)
pct_robot		-0.0601*** (0.00543)		0.0202*** (0.00308)		0.0756*** (0.00530)		-0.163*** (0.0285)
share_AI_occup	0.298 (0.450)		0.0403 (0.0884)		1.906*** (0.183)		7.900** (3.256)	
Observations	1,565	1,825	3,447	4,031	2,134	2,497	1,114	1,297
R-squared	0.027	0.241	0.030	0.075	0.181	0.334	0.106	0.546
Number of country_id	23	27	23	27	23	27	23	27
Control variables	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Country fixed effects	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Robust standard errors in parentheses

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

Príloha č.5 - Vzťah medzi automatizáciou a mzdami vo vybraných odvetviach s kontrolnými premennými

VARIABLES	(1) Sector of industry	(2) Sector of industry	(3) Sector of service	(4) Sector of service
pct_ai		-0.0230** (0.00852)		0.00726 (0.00489)
pct_robot		-0.0676*** (0.0154)		0.0116*** (0.00193)
pct_software		0.126*** (0.0291)		-0.0311*** (0.00659)
share_AI_occup	-0.380** (0.164)		-0.847*** (0.124)	
Observations	1,093	1,268	2,334	2,729
R-squared	0.271	0.405	0.070	0.104
Number of country_id	23	27	23	27
Control variables	Yes	Yes	Yes	Yes
Country fixed effects	Yes	Yes	Yes	Yes

Robust standard errors in parentheses

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

Príloha č.6 - Vzťah medzi automatizáciou a zamestnanosťou vo vybraných odvetviach s kontrolnými premennými

VARIABLES	(1) Sector of industry	(2) Sector of industry	(3) Sector of service	(4) Sector of service
pct_ai		-0.0298*** (0.00996)		-0.00112 (0.00385)
pct_robot		-0.0682*** (0.0175)		0.0152*** (0.00210)
pct_software		0.140*** (0.0341)		-0.0302*** (0.00537)
share_AI_occup	-0.875*** (0.161)		-0.957*** (0.128)	
Observations	1,100	1,275	2,337	2,732
R-squared	0.205	0.311	0.047	0.135
Number of country_id	23	27	23	27
Control variables	Yes	Yes	Yes	Yes
Country fixed effects	Yes	Yes	Yes	Yes

Robust standard errors in parentheses

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1