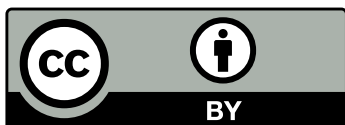


ANALÝZA PEST

Situace a výhled České republiky v souvislosti s globální proměnou ekonomické a společenské situace důsledkem disruptivních technologických změn a nástupu čtvrté průmyslové revoluce

Tereza Pavlíčková 



Užití tohoto díla se řídí mezinárodní licencí [Creative Commons Attribution License 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) která umožňuje neomezené využití, distribuci a kopírování díla pomocí jakéhokoliv média, za podmínky řádného uvedení původních autorů a zdroje.

Národní technická knihovna
DOI® <https://doi.org/10.48813/pas9-kw71>

Obsah

Politické faktory	3
Ekonomické faktory	6
Sociálně-kulturní faktory	26
Technologické faktory	50
Přehled klíčových technologií	66
Příloha – Covid 19	133

Politické faktory

Současné politické prostředí České republiky je určováno nastaveným volebním systémem poměrného zastoupení. Od 13. 12. 2017 je předsedou vlády Andrej Babiš, předseda hnutí ANO. Datum nových parlamentních voleb stanovil prezident ČR na pátek 8. října a sobotu 9. října 2021. Demokraticky zvolení představitelé by měli ve svých krocích vycházet z nastaveného směru, určeného strategickými dokumenty předešlých vlád, a snažit se o jejich naplňování. Zároveň tvoří nové, které formují cestu České republiky do budoucna.

Vláda v [Programovém prohlášení vlády České republiky](#) ze dne 27. června 2018 deklaruje jako jednu ze svých šesti priorit digitalizaci. V roce 2018 vláda také schválila průřezový strategický dokument [Digitální Česko](#), jehož náplň je možné definovat jako "*strategii koordinované a komplexní digitalizace České republiky 2018+*". Jde o soubor tří koncepcí: [Česko v digitální Evropě](#), [Informační koncepce ČR](#) a [Digitální ekonomika a společnost](#). Centrálním, koordinačním a řídicím orgánem programu je Rada vlády pro informační společnost v čele s vládním zmocněncem pro informační technologie a digitalizaci. Materiál se týká veškerých dopadů digitalizace na české hospodářství a společnost. Na rychlý vzestup digitalizace a automatizace MŠMT reaguje také novým strategickým dokumentem [Strategie vzdělávací politiky ČR do roku 2030+](#), schváleném vládou dne 19. října 2020 a navazujícím na [Hlavní směry vzdělávací politiky ČR 2030+](#) z roku 2018. [Koncepce zavádění metody BIM v České republice \(2017\)](#) nastiňuje stav zavádění BIM (Building Information Modelling) a obsahuje *Plán postupného zavádění BIM v ČR v letech 2018–2027*, včetně doporučených opatření, aby tato metoda mohla být běžně a efektivně využívána. V sekci *Průmysl a obchod* [Programového prohlášení vlády](#) se řeší hlavně nástup tzv. průmyslu 4.0¹. Vláda vidí důležitost podpory nových technologií a realizaci inovativních nápadů a je si vědoma možných budoucích rizik a negativních dopadů na ekonomiku a společnost. Už v roce 2016 zpracovalo Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO) [Iniciativu Průmysl 4.0](#) s cílem udržet a posílit konkurenceschopnost České republiky v době nástupu čtvrté průmyslové revoluce a zmobilizovat klíčové rezorty a reprezentanty průmyslové sféry k vypracování podrobných akčních plánů v oblastech politického, ekonomického a společenského života. *Iniciativa Průmysl 4.0* je návodem, jak přípravu zorganizovat a uskutečnit. Na její přípravě se aktivně podílel i Svaz průmyslu ČR. V oblasti výzkumu a vývoje dokument navazuje na [Národní politiku výzkumu, vývoje a inovací České republiky na léta 2016 – 2020](#). V roce 2016 v této souvislosti MPSV zpracovalo studii [Iniciativa Práce 4.0](#), která se konkrétně zabývá očekávanými dopady digitalizace a automatizace na oblast trhu práce a na vybrané sociální aspekty. V návaznosti pak MPSV uveřejnilo v roce 2017 [Akční plán Práce 4.0](#). Na základě dohody s Úřadem vlády ČR byla opatření uvedená v *Akčním plánu Práce 4.0* následně začleněna do [Akčního plánu pro Společnost 4.0](#), který byl zpracován v rámci [Aliance Společnost 4.0](#) (deklarovanou také v *Programovém prohlášení vlády*) a který současně navazuje na již zmíněnou *Iniciativu Průmysl 4.0*. Hlavním koordinátorem programu je MPO a cílem je zajistit přechod České republiky do nové průmyslové éry tak, aby se stát nepotýkal s jejími negativními dopady. Počítá s intenzivním propojováním nových technologií, průmyslu, služeb a vědy, výzkumu a inovací a navrhuje široce pojatá opatření, spojená s očekávanými dopady digitalizace na oblast zaměstnanosti, trhu práce a na vybrané, s těmito oblastmi spojené, sociální aspekty. Značná pozornost je věnována také otázkám dalšího vzdělávání.

Koordinátorem autorského kolektivu [Inovační strategie České republiky 2019 - 2030](#) nazvané „*Czech Republic: The Country for the Future*“ je místopředseda RVVI a ministr MPO a dopravy Karel Havlíček. Byla schválena vládou dne 4. února 2019. Jedná se o strategický rámcový plán, který předurčuje vládní politiku v oblasti výzkumu, vývoje a inovací a má pomoci České republice se během dvanácti let posunout mezi nejinnovativnější země Evropy. Skládá se z devíti navzájem provázaných pilířů a obsahuje východiska, základní strategické cíle a nástroje vedoucí k jejich naplnění. Jsou jimi oblasti:

¹ Termín „Industrie 4.0“ (I4.0, I4) poprvé použil profesor Wolfgang Wahlster, ředitel německého výzkumného střediska pro umělou inteligenci DFKI na veletrhu v Hannoveru v roce 2011. Následujícího roku předložila pracovní skupina Industry 4.0 německé vládě soubor doporučení pro implementaci a v roce 2013 byla opět na veletrhu v Hannoveru představena závěrečná zpráva a zřízena platforma, která koordinuje aktivity s tím spojené.

Financování a hodnocení výzkumu a vývoje, Inovační a výzkumná centra, Národní start-up a spin-off prostředí, Polytechnické vzdělávání, Digitalizace, Mobilita a stavební prostředí, Ochrana duševního vlastnictví, Chytré investice a Chytrý marketing. *Inovační strategie* je založena na udržení silné průmyslové základny a energeticky soběstačné ekonomiky s vysokou přidanou hodnotou, připravenou na nejpokročilejší technologie, které se stanou základem posilování konkurenceschopnosti a růstu životní úrovně. Vychází z ní nová [Národní politika výzkumu, vývoje a inovací 2021+](#), která ji podrobněji rozpracovává pro oblast výzkumu, vývoje a inovací a klade za cíl vytvoření dynamické inovativní společnosti. Cíle *Inovační strategie 2019–2030* plní i navazující [Národní strategie umělé inteligence \(AI\)](#), která je provázaná s programem *Digitální Česko*. [Národní strategie umělé inteligence v České republice](#) spojuje směřování české ekonomiky s umělou inteligencí, kterou vnímá jako klíčový nástroj pro rozvoj českého hospodářství. Vláda plánuje podpořit koncentraci excelentního výzkumu a vývoje v AI formou podpory vybudování Evropského centra excellence, testovacího centra a Digitálních inovačních hubů, prohloubit spolupráci se světovými AI centry i nalákat špičkové zahraniční talenty. Zásadní je zajistit financování výzkumu, rozvoj start-upů, celého AI ekosystému, zprovoznit transfer know-how a zvýšit dostupnost zdrojů pro inovace malých a středních podniků. Stát by měl zajistit zpřístupnění dat, dobudování digitální infrastruktury, podporu transformace samotných podniků a zavedení moderních služeb veřejné správy. Zásadní roli bude hrát oblast školství, vzdělávání a rekvalifikace, příprava lidského kapitálu bude klíčová pro dopady AI a automatizace na trh práce a zaměstnanost, na což bude muset být připraven sociální systém. Významnou úlohu bude mít také vstřícná legislativa. Pro splnění všech cílů strategie a úspěšné zvládnutí zásadních změn pro českou ekonomiku a společnost je nezbytná aktivní účast státu a úzká spolupráce se soukromým sektorem.

Česká republika jako členský stát EU byla povinna připravit svou *Národní výzkumnou a inovační strategii pro inteligentní specializaci České republiky* (neboli *Národní RIS3 strategii*) za účelem vytipování vhodných perspektivních oblastí ekonomiky, které jsou podpořeny z evropských strukturálních a investičních fondů (ESIF - OP VVV, OP PIK, OP PPR, IROP, OP Z). Vláda ji schválila dne 25. ledna 2021. [Národní RIS3 strategii pro období 2021-2027](#) je strategický dokument zajišťující efektivní zacílení evropských, národních, regionálních a soukromých prostředků na podporu orientovaného a aplikovaného výzkumu a inovací. Jejím zásadní rolí je systematicky mobilizovat výzkumníky, inovátory, podnikatele, zástupce univerzit i veřejnou sférou k objevování nových příležitostí a ke vzájemné spolupráci. Usnesením vlády ze dne 20. července 2020 byla schválena [Národní politika výzkumu, vývoje a inovací České republiky 2021+](#). Zastřešující strategický dokument pro rozvoj všech složek výzkumu, vývoje a inovací v České republice podmiňuje možnost čerpání prostředků z Evropských fondů v daném programovém období 2021–2027. Navrhuje pět strategických cílů a 25 opatření, jak jich dosáhnout. Ve struktuře *Inovační strategie České republiky do roku 2030* představuje jeden z nástrojů plnění cílů financování a hodnocení výzkumu a vývoje.

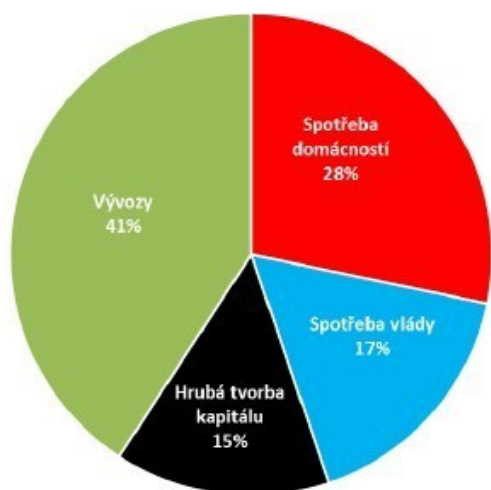
20. ledna 2020 vláda schválila [Teze Hospodářské strategie pro Českou republiku do roku 2030](#), která má shrnout a provázat další strategické materiály, a především navázat na dosavadní stěžejní vládní strategický dokument, zmíněnou *Inovační strategii ČR 2019-2030*. Klíčové bude opět propojení vědy s průmyslem. Strategie vzniká ve spolupráci MPO a Národní ekonomické rady vlády (NERV). Inspirací jsou skandinávské země, Nizozemsko, Švýcarsko nebo Irsko – státy, pro jejichž ekonomiku je právě toto spojení klíčové. Strategie má například ukazovat změny ve struktuře energetiky či dopravy, zohlednit rozvoj nových technologií, stárnutí populace a klimaticko-energetické změny, řešit se v ní bude i oblast zdraví a vzdělanosti. Česká republika by v roce 2030 měla mít průmyslově a energeticky nezávislou ekonomiku s vysokou přidanou hodnotou a posunout se do roku 2030 mezi dvacet nejkonkurenceschopnějších ekonomik světa v [žebříčku Světového ekonomického fóra](#) (v roce 2019 byla Česká republika na 32. místě). V několika vládních strategických dokumentech je patrný důraz na podporu malých a středních podniků: *Iniciativě Průmysl 4.0*, *Inovační strategii ČR 2019 – 2030* či [Plánu systémového snížení administrativní zátěže podnikání 2019-2022](#). Plán podává přehled opatření ministerstev a dalších orgánů státní správy pro snižování administrativní zátěže podnikatelů.

Současně s důrazem na technologický rozvoj sílí apel na implementaci zelené agendy. Přijetím *Plánu Evropské zelené dohody* ([European Green Deal](#)), který je zároveň novou růstovou strategií EU, se členské státy včetně České republiky zavázaly dosáhnout uhlíkové neutrality do roku 2050. Vláda se zavazuje k udržitelnosti i ve svém *Programovém prohlášení*: podpoře snižování energetické náročnosti budov, využívání energeticky účinných technologií a spotřebičů, decentrální obnovitelných zdrojů a chytrých energetických projektů, jako jsou chytré regiony, chytrá města, chytré sítě a inteligentní domácnosti. Českou odpověď na přijetí globální rozvojové agendy Valným shromážděním OSN v New Yorku v září 2015 je [Strategický rámec Česká republika 2030 \(včetně Implementačního plánu Strategického rámce Česká republika 2030\)](#), který přenáší do domácího prostředí 17 Cílů udržitelného rozvoje, zformulovaných OSN. Tento strategický dokument nahradil [Strategický rámec udržitelného rozvoje](#) (včetně [Implementačního plánu Strategického rámce udržitelného vývoje](#)) z roku 2010. Je to klíčový dokument státní správy pro udržitelný rozvoj a zvyšování kvality života. Vláda jej schválila v roce 2017. V šesti klíčových oblastech shrnuje, kam rozvoj České republiky dospěl, jakým čelí rizikům a jakých příležitostí může využít. Pro každou oblast formuluje strategické i specifické cíle, jejichž naplnění leží na všech ministerstvech. Klíčové oblasti se kromě tradičních tří pilířů rozvoje (sociálního, environmentálního a ekonomického) věnují životu v regionech a obcích, českému příspěvku k rozvoji na globální úrovni a dobrému vládnutí. Koncepce *Česká republika 2030* vychází ze dvou hlavních přístupů – kvality života (která připomíná, že pokrok ve společnosti nelze hodnotit pouze ekonomickými ukazateli) a udržitelnosti. Nová [Státní politika životního prostředí ČR 2030](#) byla schválena vládou dne 11. ledna 2021. V reakci na přijetí balíčku šesti směrnic Evropské unie Česká republika připravuje kromě legislativních změn i strategický dokument *Cirkulární Česko 2040*. Příprava je spolufinancována z Programu EU na podporu strukturálních reforem a účastní se jí také experti OECD. Dnes je v Česku v této oblasti platný pouze [Plán odpadového hospodářství na léta 2015 až 2024](#). Ministerstvo životního prostředí (MŽP) dále v únoru 2021 na základě [Petice za klima](#) rozhodlo, že přepracuje strategický dokument [Politika ochrany klimatu](#), který stanovuje plán na snižování emisí skleníkových plynů v ČR. Aktualizovaný plán by měl obsahovat cíl klimatické neutrality do roku 2050, což je jeden z nutných předpokladů naplnění Pařížské dohody. Vydání aktualizovaného ja naplánováno na podzim roku 2021.

Ekonomické faktory

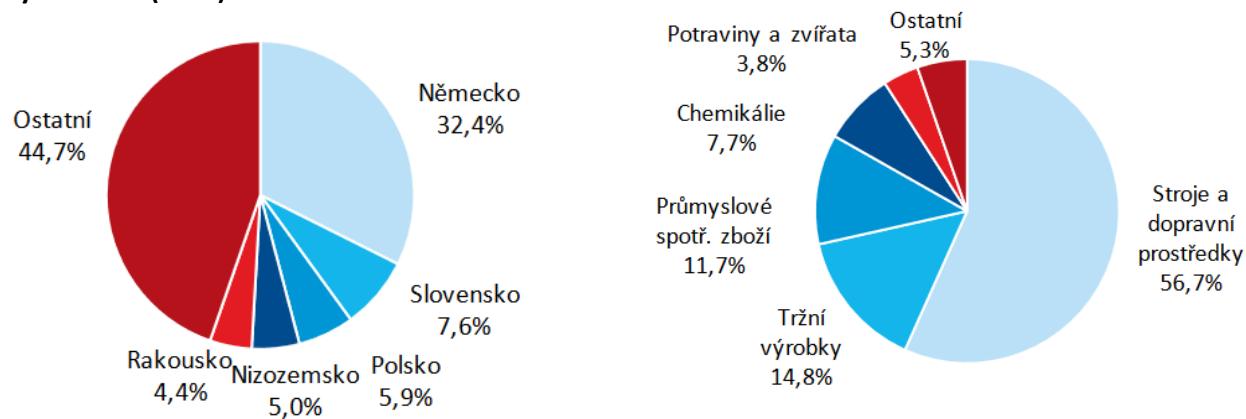
Česká ekonomika je malá, otevřená, výrazně závislá na zahraničním obchodě, se silnými obchodními a vlastnickými vztahy k zemím Evropské Unie. V roce 2019 tvořil vývoz zboží do zemí EU více než 80 % jeho celkového objemu, nejdůležitějším obchodním partnerem je Německo.² Páteří celkového vývozu z ČR je export zboží, téměř výhradně spojený s produkcí průmyslu, vývoz služeb představuje pouze doplňkovou složku. V roce 2019 činil podíl vývozu služeb na celkovém exportu 16,3 %. Podíl celkového vývozu z ČR k celkové produkci byl v roce 2019 právě 33,3 %, třetina domácí produkce byla tedy určena k vývozu.³

Struktura HDP (2019)⁴



Zdroj: kurzy.cz

Vývoz zboží (2020)



Zdroj: [MPO](https://mipo.cz)

Česká republika je tradiční průmyslovou zemí, která v rámci EU stále vykazuje jednu z nejvyšších úrovní podílu průmyslu na celkové podnikové ekonomice a na celkové hrubé přidané hodnotě. V roce 2019 vytvářel 42 % produkce národního hospodářství, na celkové přidané hodnotě se podílel necelými 30 %, obdobně i u zaměstnanosti a objemu mezd i platů. Vyššího podílu na přidané hodnotě v celé ekonomice dosahoval v roce 2019 jen průmysl v Irsku. Ve struktuře ekonomiky má vysoký podíl zpracovatelský průmysl: v roce 2018 tvořil 26 % hrubé přidané hodnoty a 40 % zaměstnanosti.⁵

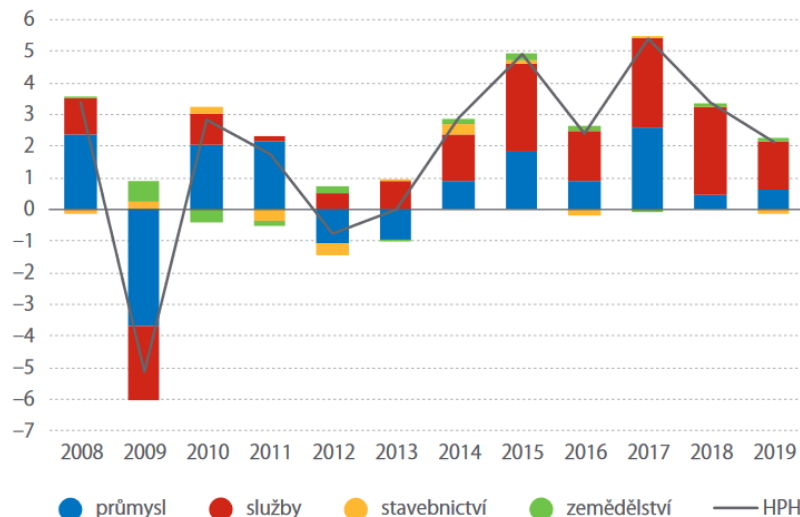
² Dle [Statistická ročenka České republiky - 2020](#), Český statistický úřad, 2021.

³ Dle [Širší aspekty vývoje průmyslu v ČR i EU z pohledu trhu práce](#), Český statistický úřad, 2021

⁴ Údaje byly očištěny o dovozní náročnost, aby bylo zřetelné, jak velká část např. spotřeby domácností se uspokojí výrobou z domácích zdrojů a nakolik dovozy. Lépe se tak identifikuje, kde se vytváří přidaná hodnota.

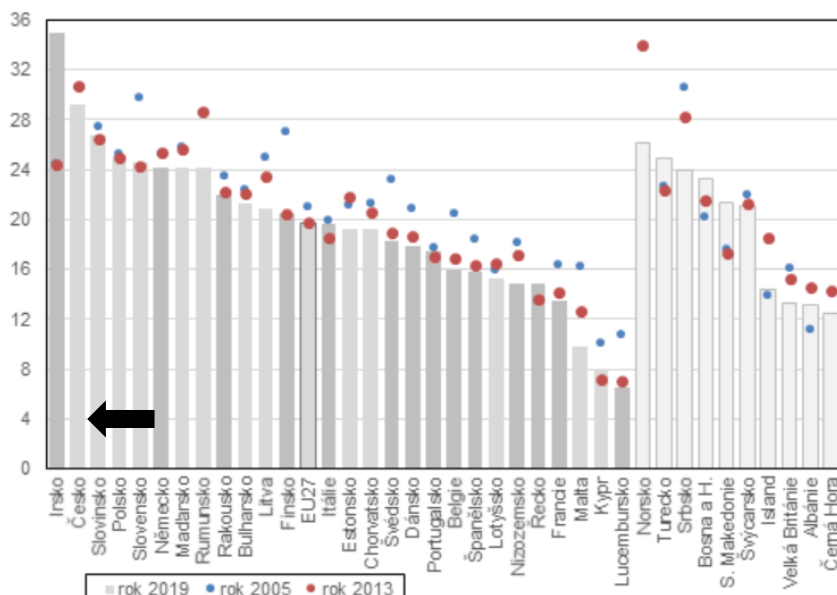
⁵ Dle [Panorama zpracovatelského průmyslu ČR 2018](#), MPO, 2019.

PŘÍSPĚVKY JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ EKONOMIKY K REÁLNE ZMĚNĚ HPH (příspěvky v p. b., HPH v %)



Zdroj: ČSÚ

Podíl průmyslu na celkové hrubé přidané hodnotě (v %, srovnání let 2005, 2013 a 2019)



Zdroj: Eurostat

Strojírenský průmysl představuje 70 % objemu produkce v České republice. Ve světovém žebříčku producentů je na 15. místě, produkcí a spotřebou na obyvatele na 8. místě, v Evropě na 5. Vývoj průmyslu je z velké části závislý na poptávce po automobilech, ale i na vývoji dalších průmyslových odvětví v partnerských zemích, zejména v Německu, jehož podíl na exportu v roce 2020 tvořil 32 %. V současné době tvoří automobilový průmysl téměř desetinu hrubého domácího produktu České republiky, více než pětinu exportu, čtvrtinu průmyslové výroby, podílí se více než třetinou na investicích do výzkumu a vývoje ve zpracovatelském průmyslu, zaměstnává přímo téměř 150 tisíc a nepřímo bezmála 500 tisíc lidí. S automobilovým průmyslem jsou dále těsně provázána i jiná průmyslová odvětví – průmysl gumárenský, sklářský, textilní, chemický, zpracování plastů či výroba elektrických zařízení.⁶

⁶ Dle [Širší aspekty vývoje průmyslu v ČR i EU z pohledu trhu práce](#), Český statistický úřad, 2021

Prakticky veškerý růst ekonomiky od roku 1995 je dán expanzí zahraničního sektoru, objem ekonomiky v domácím vlastnictví zůstal v reálných hodnotách nezměněn.⁷ Celková výše základního kapitálu českých společností dosahovala v roce 2019 2,1 bilionu korun, z toho zahraniční kapitál dosahoval 1,25 bilionu korun, a tvořil tak 60 % veškerého kapitálu v českých společnostech. Jeden bilion korun přitom pocházel ze zemí Evropské unie, kapitál ze zemí EU tedy tvořil 48 % veškerého kapitálu firem v České republice a dokonce 80 % veškerého zahraničního kapitálu (zároveň pouze 10 % společností má většinového vlastníka pocházejícího ze země EU).⁸ Největší roli hraje tradičně kapitál z Německa, který s objemem 354 miliard korun tvořil v roce 2019 28 % zahraničního kapitálu a 17 % veškerého kapitálu v České republice.⁹ V podnicích kontrolovaných zahraničními vlastníky pracuje více než 900 tisíc obyvatel, což je jedna třetina z celkového počtu zaměstnanců pracujících v podnikové ekonomice. Podle ČNB od roku 2014 každý rok odplynul do zahraničí zisk v hodnotě více než 250 miliard (za rok 2019 to bylo 299 miliard, o 29 miliard více než v roce 2018).¹⁰ Výnosnost přímých zahraničních investic je podle OECD v ČR po Irsku druhá nejvyšší z evropských zemí. Pro rok 2019 činila 10,7 %. Česká republika náleží k zemím, kde jsou nejvýrazněji rozevřeny nůžky mezi objemem vytvořeného hrubého domácího produktu a objemem hrubého národního důchodu. Výnos českých subjektů z dividend z přímých investic v zahraničí v roce 2019 činil 10,1 miliardy korun, což představuje meziroční pokles o 1,7 miliardy korun.

Objem vyplacených dividend a peněz reinvestovaných v Česku



Zdroj: ČNB

České hospodářství se přitom stále výrazně orientuje na výrobu subdodávek a dílů, které jsou vyváženy do zahraničí. Pohlížení investorů na Českou republiku jako na prostředí s levnou pracovní silou, kde je výhodné založit výrobu, je typické. V těchto výrobních se následně vyrábí polotovary s nízkou přidanou hodnotou a ty jsou vyváženy zpět mateřským firmám do zahraničí, kde jsou dokončeny a prodány koncovému zákazníkovi. Bohatství vyspělých zemí je však spojeno s tím, že si ponechaly výroby, jejichž vyšší ceny odrážejí unikátní, mezinárodně obtížně nahraditelný sortiment.

⁷ Viz [Analýza odlivu zisků: důsledky pro českou ekonomiku a návrhy opatření, Příspěvek k debatě o udržitelnosti českého hospodářského modelu](#), Úřad vlády České republiky, Odbor analýz a informací, 2016.

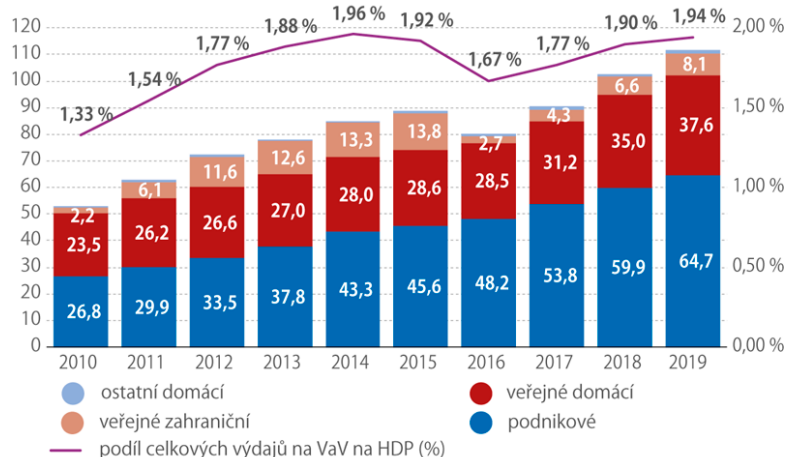
⁸ Ze společností, které mají zahraničního majoritního vlastníka, jich nejvíce patřilo subjektům z Ruska (12 813), Slovenska (11 331), Ukrajiny (11 279) a Německa (7 653). Společnosti vlastněné ruskými subjekty tvořily 13 % firem se zahraničním vlastníkem, ale na zahraničním kapitálu se podílely pouze 0,6 %. Ruští a ukrajinští majitelé firem jsou typičtí tím, že vlastní velké množství drobných firem. Viz <https://www.informaceofirmach.cz/evropsky-kapital-v-ceske-republice-dosahuje-bilionu-korun-a-tvori-tak-polovinu-veskereho-kapitalu-firem-v-cr/>.

⁹ Tamtéž

¹⁰ Podle expertů je odliv kapitálu extrémní a v reálu ještě o desítky miliard vyšší, ČNB totiž do statistiky nezapočítává kvalifikované odhady nepřiznaných zisků. Dle <https://www.byznysnoviny.cz/2020/02/14/cesko-dojna-krava-evropy-dividendach-vloni-odteklo-zahranici-299-miliard/>.

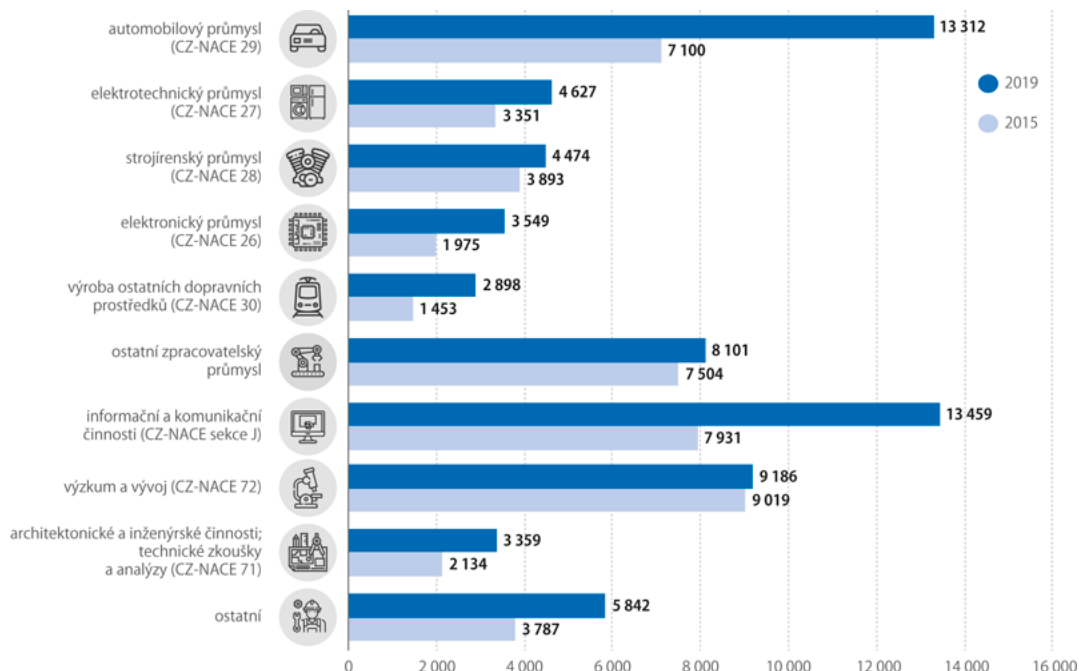
Aby se Česká republika z tohoto zařazení vymanila, je zapotřebí vysokých investic do vývoje a inovací, které na sebe vážou vysokou přidanou hodnotu. Z hlediska výše výdajů na výzkum a vývoj (VaV) jsou vlivem integrace nadnárodních podniků do inovačního systému ČR hlavním tahounem podniky pod zahraniční kontrolou, domácí firmy v této oblasti bohužel stagnují.¹¹ V roce 2019 výdaje na VaV v ČR meziročně vzrostly o 9 miliard Kč. Podniky, stát a EU investovaly celkem do VaV prováděného na území našeho státu 111,6 miliard Kč, téměř 65 % z této částky připadlo na výdaje za VaV realizovaného v soukromých podnicích. Dále se rozevírají i nůžky mezi soukromými zahraničními a domácími podniky, na čemž se do značné míry podepisuje stagnace výdajů na VaV soukromých domácích podniků. Největší výdajovou položku na VaV zaujímají mzdy (v roce 2019 celých 55 %), naproti tomu investiční výdaje se na celkových výdajích udržují v posledních několika letech okolo 10 %. Více než 60 % zahraničních firem provádí VaV ve zpracovatelském průmyslu.¹²

Výdaje na VaV podle zdrojů financování (mld. Kč)



Zdroj: ČSÚ

Výdaje na VaV v podnicích podle odvětví ekonomické činnosti (mil. Kč)



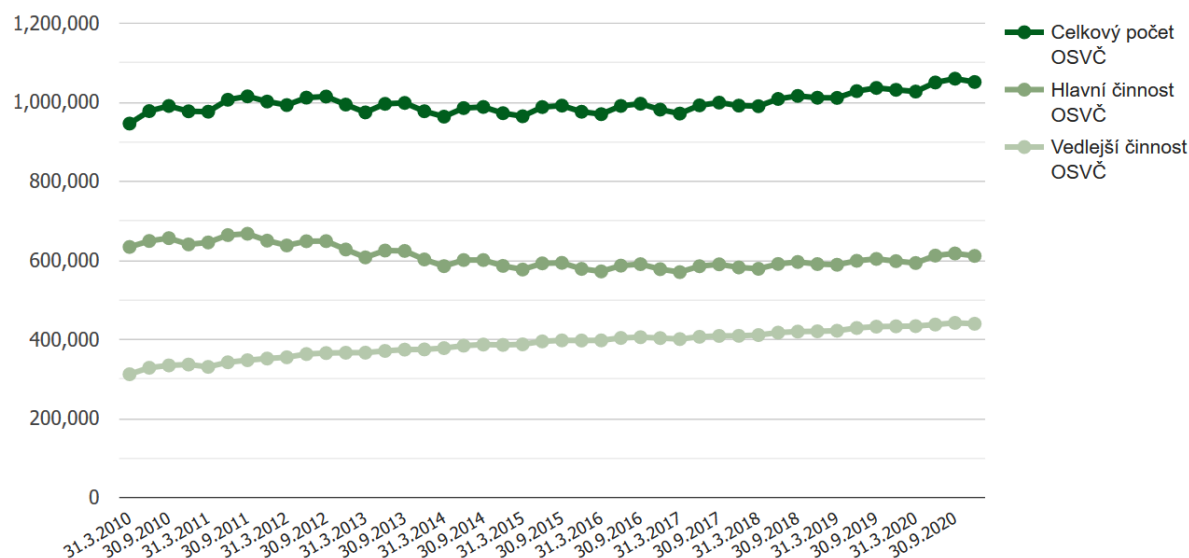
Zdroj: ČSÚ

¹¹ Viz [Potenciál růstu soukromých investic ve výzkumu, vývoji a inovacích mající vliv na strukturu ekonomiky, zaměstnanost a veřejné rozpočty](#), Technologické centrum AV ČR ve spolupráci se společností Aktivita pro výzkumné organizace pro Svaz průmyslu a dopravy ČR, 2018.

¹² V roce 2017 se dle zatím poslední zprávy OECD ([OECD Science, Technology and Industry Scoreboard](#)) Česká republika dle závislosti na mezinárodním financování podnikového výzkumu a vývoje zařadila na 4. místo mezi zeměmi OECD.

Česká republika je v počtu podnikatelů na 12. místě na světě. Počet OSVČ stoupl v roce 2020 navzdory pandemii a opatřením s ní spojených na 1 151 079.¹³ Firmy, které zaměstnávají 1 až 9 lidí, se na celkovém počtu podniků v České republice podílejí více než 95 %, práci u nich našla více než třetina všech zaměstnanců.

Počet OSVČ v ČR



Zdroj: ČSSZ

Odborníci se shodují, že v přílišném podílu automobilového průmyslu a orientaci na export výrobků s nízkou přidanou hodnotou spočívá v kontextu prognózy globálního ekonomického vývoje pro české hospodářství veliké nebezpečí, v Evropě patří ČR mezi země nejvíce ohrožené robotizací. Celkové odhady hovoří o tom, že do dvaceti let zmizí z trhu zhruba 400 tisíc pracovních míst.¹⁴ Česká republika by proto měla co nejrychleji změnit zaměření a směřovat k podpoře a rozvoji dalších průmyslových odvětví – telekomunikace, průmyslu chemického, farmaceutického, elektronického a softwarových oblastí,¹⁵ tedy odvětví s těžištěm na vysokou přidanou hodnotu a know-how, aby dokázala konkurovat něčím jiným než nižšími mzdami. S touto změnou jsou spojené vyšší výdaje na vědu, výzkum a vývoj, posílení ochrany duševního vlastnictví, podpora inovací, orientace na vysokou přidanou hodnotu produkce, podpora endogenní českých firem, spin-off a start-up prostředí, digitalizace a kybernetizace. Tato doporučení jdou v ruku v ruce se strategickými dokumenty vlády (*Iniciativa Průmysl 4.0*, *Inovační strategie České republiky 2019 – 2030*, *Digitální Česko*, *Národní strategie umělé inteligence (AI)*) a další, viz kapitola Politické faktory) i evropskými dotačními programy.¹⁶

¹³ Zůstává však otázkou, zda za nárůstem nestojí částečně i tzv. švarcsystém. Už v minulých letech odborníci upozorňovali, že kvůli vysokým nákladům práce se pracovní právní vztahy mezi zaměstnavatelem a zaměstnancem často transformují do smluv mezi odběratelem konkrétní služby a jejím dodavatelem. Dle <https://www.podnikatel.cz/clanky/velke-prekvapeni-pocet-osvc-navzdory-koronaviru-a-opatrenim-vzrostl/>.

¹⁴ Dle <https://domaci.ihned.cz/c1-66675570-digitalizace-pripravi-cesko-az-o-400-tisic-pracovnich-mist-pocita-vladni-plan>.

¹⁵ Statistika „informační ekonomiky“ (ICT sektor a Informačního a mediálního sektor) viz <https://www.czso.cz/csu/czso/odvetvi-informacni-ekonomiky>. V České republice se rozvíjí i kosmický průmysl, je do něj zapojeno až šedesát firem, jejichž výrobky mají vysokou přidanou hodnotu, viz <https://www.svetchytre.cz/a/pFc5T/prumysl-o-kerem-se-nemluvi-cesko-ma-ke-kosmu-mnohem-bliz-nez-si-myslite>.

¹⁶ Rámcový program *Horizon 2020* je stěžejním nástrojem podpory výzkumu, vývoje a inovací v EU a poskytuje podporu excelentního výzkumu ve veřejném sektoru, komercializaci vědeckých poznatků a průlomových inovací v podnikatelské sféře. Nový evropský výzkumný program *Horizon Europe* (2021-2027) má pomoci Evropě udržet si čelné postavení ve výzkumu a inovacích. V návaznosti na úspěch programu Horizont 2020 bude tento

Všechna výše jmenovaná opatření a strategické dokumenty jsou reakcí na již probíhající proměnu celé světové ekonomiky, spojené s nástupem průmyslu 4.0 a čtvrté průmyslové revoluce, která zásadně mění způsob života, práce a vzájemného vztahu.¹⁷

Three Eras of Automation

If this wave of automation seems scarier than previous ones, it's for good reason. As machines encroach on decision making, it's hard to see the higher ground to which humans might move.

ERA ONE 19TH CENTURY

Machines take away the **dirty and dangerous**—industrial equipment, from looms to the cotton gin, relieves humans of onerous manual labor.

ERA TWO 20TH CENTURY

Machines take away the **dull**—automated interfaces, from airline kiosks to call centers, relieve humans of routine service transactions and clerical chores.

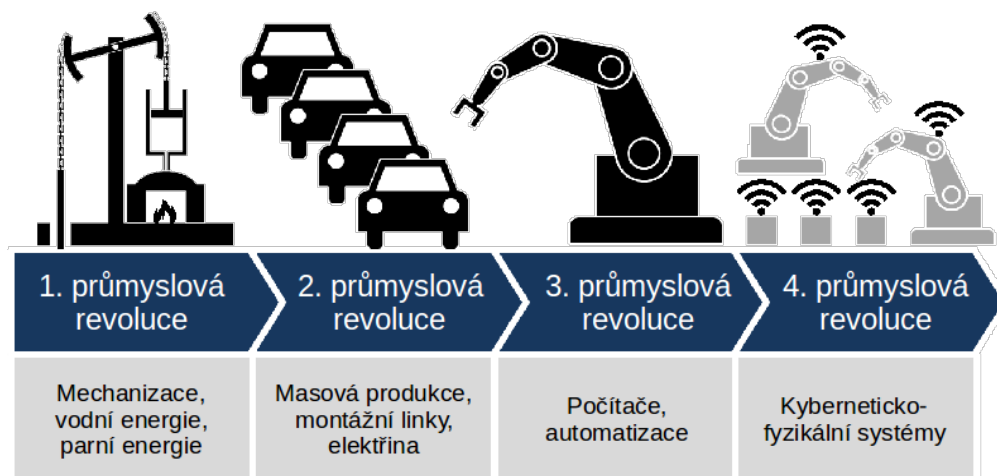
ERA THREE 21ST CENTURY

Machines take away **decisions**—intelligent systems, from airfare pricing to IBM's Watson, make better choices than humans, reliably and fast.

SOURCE THOMAS H. DAVENPORT AND JULIA KIRBY
FROM "BEYOND AUTOMATION," JUNE 2015

© HBR.ORG

Právě nastupující čtvrtou průmyslovou revoluci charakterizuje kompletní digitalizace, robotizace a automatizace většiny lidských činností tak, aby se zajistila větší rychlost a efektivita výroby. Přesnější, spolehlivější a levnější produkty z efektivněji využívaných materiálů mají přispět k ekologickému a udržitelnému vývoji. Vybudovaný digitální ekosystém zásadně změní nejen průmysl, ale zažité obchodní modely a hodnotové řetězce. Změny, které čtvrtá průmyslová revoluce přináší, jsou tak hluboké a zásadní, že je odborníky považována za největší příslib a zároveň největší potenciální nebezpečí v celé lidské historii.¹⁸ Vývoj nových technologií výrazným způsobem posouvá automatizaci výrobních procesů na novou úroveň a mění pojetí průmyslu, logistiky, obchodu a dalších nedílných součástí hospodářství, potažmo celé společnosti. Přicházející změny prostupují široký pás oborů, od digitálních technologií přes „smart cities“, chytré materiály, po biotechnologie a genové modifikace. Digitalizace završí globalizaci ekonomiky a uspíší rozvoj „sdílené ekonomiky“, jejíž význam se bude zvyšovat.



nový program i nadále podporovat vynikající úroveň ve výzkumu a více se zaměřovat na inovace, například prostřednictvím vývoje prototypů, nehmotných aktiv, přenosu znalostí a technologií. Nová Evropská rada pro inovace bude zajišťovat jednotné kontaktní místo pro inovátory s velkým potenciálem a disruptivní novátory, aby se z Evropy stal průkopník v oblasti inovací. Cílem [Programu Digital Europe](#) je vybudovat vysoce výkonnou výpočetní techniku, podpořit základní kapacity umělé inteligence, posílit kyberbezpečnost, usnadnit přístup k digitálním dovednostem a zlepšit využívání kapacit pro digitální transformaci. Také [Program InvestEU](#) je orientovaný na pro strategické a inovativní investice.

¹⁷ Milníky ve vývoji průmyslu bývají pro svůj enormní vliv na lidskou společnost označovány pojmem „revoluce“. Současné čtvrté průmyslové revoluci předcházela první (70. léta 18. století, parní energie, mechanizace výroby), druhá (70. léta 19. století, elektrická energie, montážní výrobní linky) a třetí (70. léta 20. století automatizace, informační technologie).

¹⁸ Schwab, K.: *The Fourth Industrial Revolution*, Portfolio Penguin, London 2017

Nejvýraznějším dosavadním determinantem dlouhodobé prosperity a růstu životní úrovně obyvatel byla produktivita. V posledním desetiletí však navzdory technickému pokroku a investicím do inovací produktivita globálně klesá.¹⁹ V souvislosti s tak zásadní proměnou ekonomiky v důsledku nástupu čtvrté průmyslové revoluce upozorňují experti na nepřesnosti měření růstu pomocí HDP, protože ignoruje parametry jako duševní vlastnictví (patenty a autorská práva, výzkum a vývoj), obsah tvořený uživatelem (díky sociálním sítím velmi rychle rostoucí kategorie nehmotných aktiv), organizační (nové procesy výroby, formy organizace a obchodní mody) i lidský kapitál (největší a nejdůležitější kategorie). Všechny tyto ukazatele s nástupem čtvrté průmyslové revoluce stoupají a mají čím dál větší podíl na ekonomickém růstu.²⁰ Obrovské zisky a blahobyt v „informační ekonomice“ (Brynjolfsson, McAfee) generují služby, které jsou obtížně měřitelné. Velké množství bezplatných digitálních produktů, služeb a aplikací (globální pokrytí internetu a smartphony poskytují kdykoliv nekonečný zdroj bezplatných informací, obrázků, fotografií, streamovací služby hudbu, videa, komunikační aplikace možnost kdykoliv se odkudkoliv spojit a nepřeborné množství bezplatných aplikací další nejrůznější služby) dokonce cenu HDP snižují, přesto zvyšují životní úroveň lidí a jejich blahobyt. HDP tak podle odborníků už dnes nemůže kvantifikovat blahobyt, i kdyby bylo měřeno dokonale.²¹

Růst globální ekonomiky už před propuknutím pandemie koronaviru slábl, ekonomika eurozóny v roce 2019 podle sezónně přepočtených údajů vzrostla o 1,2 %, což bylo nejnižší tempo růstu od roku 2013. Rok 2020 pak byl silně ovlivněn pandemickou krizí, jejíž dopady nelze ani na počátku roku 2021 přesně určit (podrobněji viz [Příloha Covid-19](#)).

Klíčovým elementem budoucího ekonomického růstu a vytváření pracovních míst jsou inovace. Ty byly v posledních desetiletích motorem přibližně dvou třetin hospodářského růstu Evropy.²² Každé euro investované v rámci [Evropského programu pro výzkum a inovace](#) může za 25 let potenciálně dosáhnout návratnosti až 11 eur HDP. Rozvoj ICT je důvodem, proč neustále stoupá význam malých společností do deseti zaměstnanců. Tyto firmy jsou nesmírně inovativní, náročné na „know-how“ a znalosti a dovednosti zaměstnanců. Právě menším společnostem se velmi daří ve Skandinávii, kde výrazně investují do nových technologií, výzkumu a vývoje. Velmi pozitivně se na technologické vyspělosti podílí i úzká spolupráce soukromého sektoru a univerzit. Právě tyto oblasti jsou klíčové, aby

[Global Innovation Index 2020](#) staví na první místo jako nejinnovativnější zemi Švýcarsko, druhé Švédsko, třetí USA (stejně jako v roce předešlém), na čtvrté místo Holandsko a páté Velkou Británii. Pět zemí v TOP 10 je z Evropy. Česká republika obsadila v roce 2020 v tomto žebříčku 24. pozici a od předešlého roku si o dvě příčky polepšila. Jako překážky lepšího umístění jsou identifikovány zejména míra investic, složitost postupů při zakládání firem, ICT infrastruktura, míra digitalizace státní správy, míra zaměstnanosti vzdělaných žen, nákladnost propouštění nadbytečných zaměstnanců a počet výzkumných a vývojových firem.²³

Na první místo [Bloomberg Innovation Indexu](#) dosáhla v roce 2021 Jižní Korea. Vystřídala tak Německo, které spadlo na 4. místo. Úspěch Německa je silně vázán na vývoj automobilového průmyslu, česká situace je do značné míry analogická. V roce 2021 si Česká republika v tomto

¹⁹ Dle [Productivity Brief 2019](#), The Conference Board, 2019

²⁰ Viz [Measuring the Digital Economy: A New Perspective](#), OECD Publishing, Paris, 2014

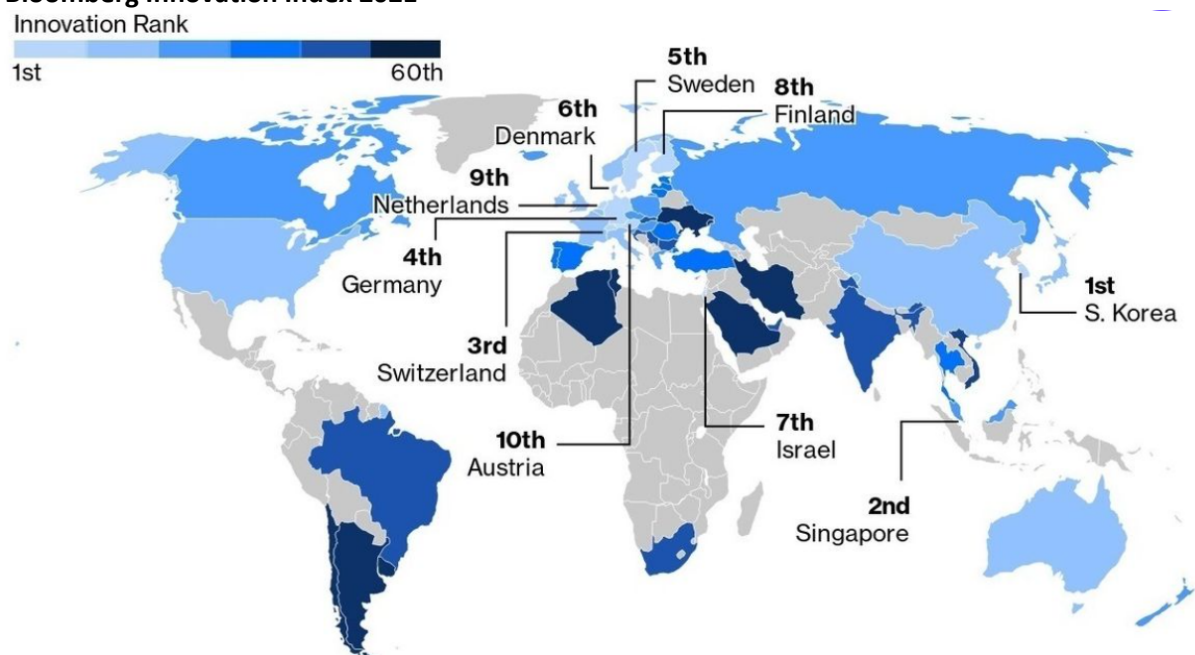
²¹ Podle ekonoma R. J. Gordona chybí z pohledu celkové ekonomiky v oficiálních datech 0,4 % dalšího růstu za každý rok. In: Brynjolfsson, E., McAfee, A.: *Druhý věk strojů: Práce, pokrok a prosperita v éře špičkových technologií*, Jan Melvil Publishing, Brno 2015

²² Evropskou strategii růstu definuje BusinessEurope v dokumentu [A trade strategy fit for the 21st century](#).

²³ Podrobně viz [Global Innovation Index 2020. Who Will Finance Innovation?](#), 13th Edition, Dutta, S., Lanvin, B., and Wunsch-Vincent, S., str. 245.

žebříčku o dvě místa pohoršila a obsadila 26. příčku. Za výrazně nejslabší oblast je uváděna nízká koncentrace high-tech průmyslu, slabší je také efektivita terciárního vzdělávání a patentová aktivita.

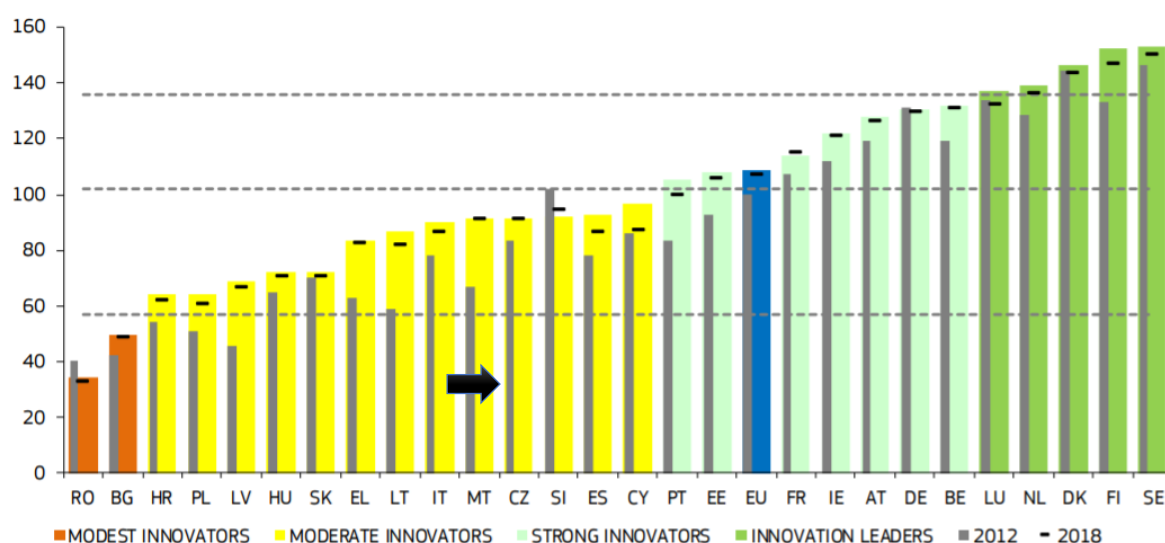
Bloomberg Innovation Index 2021



Zdroj: Bloomberg

[European Innovation Scoreboard 2020](#) Evropské komise zařadil Českou republiku do skupiny „mírných inovátorů“. Evropskými „inovačními lídry“ jsou podle tohoto žebříčku severské země, následované Holandskem a Lucemburskem. Za slabé stránky českého inovačního prostředí autoři žebříčku označují nízkou podporu inovací, kriticky malá je zejména podpora inovací formou rizikového financování, slabá je i oblast ochrany duševního vlastnictví – nízký počet patentových aplikací či vysoce citovaných vědeckých článků, nevyhovující je i export služeb založených na znalostech. I nadále zůstává výrazný rozdíl mezi inovační výkonností Prahy, jejíž skóre lze srovnávat s některými německými či francouzskými regiony, a ostatních regionů, zejména severozápadem republiky, jehož výkonnost je srovnatelná se Slovenskem či Maďarskem.²⁴

European Innovation Scoreboard 2020



Barevné sloupce ukazují výkon zemí v roce 2019 na základě nejnovějších údajů z roku 2019.

²⁴ Podrobněji viz [European Innovation Scoreboard](#), pro Evropskou komisi zpracovali Hollanders, H., Es-Sadki, N., Merkelbach, I., Khalilova, A. (MERIT – Maastricht University), 2020, kapitola [Czechia](#), str. 44.

V posledním uveřejněném mezinárodním žebříčku konkurenceschopnosti *Global Competitiveness Index* spadla v roce 2019²⁵ Česká republika podle [Zprávy Světového ekonomického fóra](#) (WEF) o tři místa na celkovou 32. příčku. Podle odborníků má potenciál dostat se do první dvacítky zemí světa (což je i cílem nové Inovační strategie české vlády), pokud bude schopna vyřešit problém dopravní infrastruktury a podpořit nástup digitalizace. Důvodem horšího umístění je zejména problematické regulační prostředí pro podnikání, nízká úroveň elektronizace státní správy, malá digitální gramotnost pracovníků, přehřátý a neflexibilní pracovní trh a úroveň vzdělávacího systému, který nedostatečně podporuje rozvoj kritického myšlení.²⁶

Czech Republic

32nd /141

Global Competitiveness Index 4.0 2019 edition

Rank in 2018 edition: 29th/140

Performance Overview 2019

Key ◇ Previous edition ▲ High-income group average □ Europe and North America average



Zdroj: WEF

Evropský žebříček konkurenceschopnosti [European Regional Competitiveness Index](#) (RCI) ve zprávě [The EU Regional Competitiveness Report](#)²⁷ porovnává konkurenceschopnost jednotlivých evropských regionů. Česká republika je jednou ze čtyř zemí, ve kterých je největší rozdíl mezi hlavním městem a ostatními regiony. Zatímco Praha je nad průměrem zemí EU, ostatní regiony jsou podprůměrné.²⁸

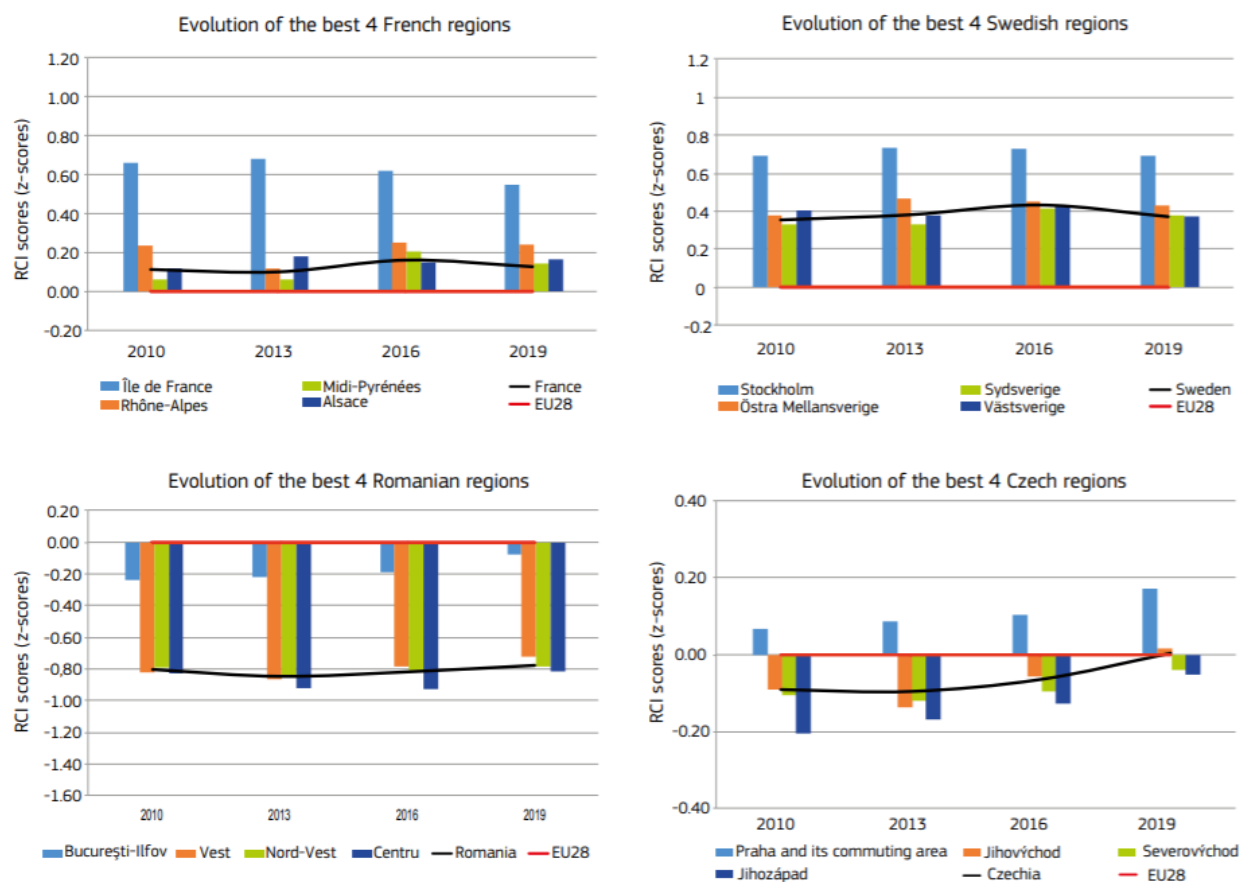
²⁵ V roce 2020 nevyšel tradiční srovnávací žebříček, namísto toho WEF uveřejnila studii s tématem post pandemie zotavování - [Global Competitiveness Report Special Edition 2020: How Countries are Performing on the Road to Recovery](#), WEF, 2020.

²⁶ Podrobněji viz [Global Competitiveness Report 2019](#), ed. Schwab, K., WEF, 2019.

²⁷ Zpráva vychází každé tři roky, poslední byla publikována v roce 2019.

²⁸ Podrobněji viz [The EU Regional Competitiveness Report](#), Annoni, P., Dijkstra, L., EU 2019.

FIGURE 2: Evolution of the scores of the capital region and the three other best-performing regions in France, Sweden, Czechia and Romania (clockwise from top-left). The red line shows the EU-28 average that has been set to zero. The black line shows the country trend



⁴ The 'overall score range' is computed as the difference between the maximum and the minimum RCI score across all the regions and the four editions of the Index.

Zdroj: EU

Čtvrtá průmyslová revoluce je změnou celého ekonomicko-společenského paradigmatu,²⁹ svou komplexitou a propojeností mnoha sektorů určuje, že všechny zúčastněné strany – vlády, podnikatelé, akademie i občané – musí spolupracovat, aby se technologický vývoj nestal pro lidskou společnost fatálním. V poslední době se množí řady autorů, kteří varují před možnými negativními důsledky velkých technologických změn, které ovlivňují všechny aspekty života společnosti: zaměstnanost, zemědělství, biologii, medicínu, dopravu, jazyky i blahobyt a sociální situaci.³⁰

²⁹ Nejříve byl člověk lovcem (1.0 – společnost založená na lovu), poté lidé začali cíleně pěstovat zemědělské plodiny a chovat zvířata (2.0 – společnost založená na zemědělství a pastevectví). V období rozvoje průmyslu dochází k masové výrobě produktů (3.0 – industriální společnost). V současné době se nacházíme ve společnosti, kde jsou klíčovými faktory informace (4.0 – informační společnost). Vytváření poznatků z informací je však stále založeno na lidech. V 5. stupni lidské společnosti bude vytváření znalostí ve větší míře založeno na strojích (společnost 5.0 – společnost založená na umělé inteligenci). Např. Japonsko se nepřiklání k označování současných změn jako k „Průmyslu 4.0“, ale ke „Společnosti 5.0“. Dle: Dostál, J.: *Průmysl 4.0 a Společnost 5.0 – výzvy pro změnu (nejen) technického vzdělávání*. Technika a vzdělávání 2017, 6.

³⁰ Mezi nejpopulárnějšími knihami jmenujme: McChesney, R.: *Digital Disconnect: How Capitalism is Turning the Internet Against Democracy*, The New Press, New York 2013, Lanier, J.: *Komu patří budoucnost? Nejste zákazníkem internetových firem: jste jejich produktem*, ARGO / Dokořán, Praha 2016, Keen, A.: *The Internet Is Not The Answer*, Atlantic Monthly Press, New York, 2015, Spitzer, M.: *Kybernetoc! Jak nám digitalizovaný svět ničí zdraví*, Host, Brno 2016, Townsend, P.: *The Darkside of Technology*, Oxford University Press, Oxford 2018.

Potenciálních negativ spojených se čtvrtou průmyslovou revolucí je mnoho. Digitalizace přináší fundamentální změny biologické, sociální i kulturní stránky člověka, výrazná bezpečnostní rizika i palčivé ekonomické problémy, spojené s proměnou pracovního trhu. Masivní nástup robotiky a AI sníží poptávku po málo kvalifikovaných a zvýší poptávku po vysoce kvalifikovaných pracovnících, „big data“ mohou likvidovat střední třídu – „bílé límečky“ (viz kapitola Společensko-kulturní faktory).³¹ Současný charakter technologického a ekonomického růstu vede k bezprecedentnímu nárůstu nerovnosti.³² V „ekonomice hvězd a superhvězd“ (Brynjolfsson, McAfee) se zvyšují výnosy „vítězů“, životní standard zbytku populace ve srovnání ale klesá.³³ Odborníci proto nabádají k opatrnosti a vytvoření takového ekonomického modelu, ze kterého by profitovalo celé lidstvo, nikoliv jedno procento vyvolených nejbohatších. Aby společnost ze čtvrté průmyslové revoluce těžila, je dle nich třeba zajistit, aby její benefity byly distribuovány spravedlivě, aby se nepodcenily její negativní dopady na obyvatele (zejména pracovní trh) a aby byla orientována antropocentricky.³⁴

Ne všechny prognózy vývoje jsou ale pesimistické. Někteří autoři upozorňují na vzrůstající a snadnější kooperaci mezi lidmi a sdílení expertízy a znalostí,³⁵ jiní jsou dokonce přesvědčeni, že nastane „věk empatie“, éra „distribuovaného kapitalismu“, v němž je každý zároveň producentem i konzumentem (tedy takzvaným „prozumentem“) a v němž firmy fungují více jako ekosystém než jako trh – jednotlivé ostrůvky jsou propojené, ale také schopné v případě nouze fungovat nezávisle. Moderní ekonomika dle této teorie nemá téměř žádné výrobní náklady – po zaplacení vývoje a technologií je produkce v podstatě zadarmo. Společnost, která se na tyto produkty přeorientuje, přestane být zaměřená na zisk, čímž kapitalismu začne docházet dech. Jeho novým konkurentem se stane kolektivní sdílená ekonomika. V novém ekonomickém systému nastane posun od vlastnění věcí k jejich sdílení. Namísto akumulace finančního kapitálu má přijít éra akumulace sociálního kapitálu.³⁶ Mnoho vizionářů spoléhá na nové formy ekonomiky, které pomohou společnosti překonat současné ekonomické, společenské a environmentální problémy. Nejčastěji se hovoří o sdílené³⁷ a cirkulární ekonomice, které kapitalismus transformují na „postkapitalismus“.³⁸ Kritici tyto vize vidí jako utopistické.

D. Tapsott a A. D. Williams ukazují, jak nové nástroje a online prostředí vedou lidstvo ke „kolaborativní ekonomice“ („wikinonii), kde se lidé mohou podílet a společně vytvářet hodnoty ve volně propojených sítích. Popisují její 4 hlavní principy (otevřenost, rovnocennost, sdílení a jednání v rámci celého světa) a 7 modelů participace:

³¹ V období digitální ekonomiky mít moc znamená vlastnit nejvýkonnější počítače na síti, které zadarmo získávají ohromný objem informací. Data jako nejcennější „platidlo“ budoucnosti se prodávají dál, a nenápadně tak ve spojení s dalšími pokročilými technologiemi likvidují střední třídu. In: Lanier, J.: *Komu patří budoucnost? Nejste zákazníkem internetových firem: jste jejich produktem*, ARGO / Dokořán, Praha 2016

³² 500 nejbohatších lidí světa disponuje majetkem v hodnotě 5,9 bilionu dolarů a převyší tak například Rusko, Švýcarsko či Brazílii, ale také celou Afriku. V roce 2018 vlastnili dolarová miliardáři podle časopisu *Forbes* celkové jmění ve výši 9, 1 bilionu dolarů. Každá rok se nůžky mezi nejbohatšími a zbytkem obyvatelstva rozvírají.

³³ Brynjolfsson, E., McAfee, A.: *Druhý věk strojů: Práce, pokrok a prosperita v éře špičkových technologií*, Jan Melvil Publishing, Brno 2015

³⁴ Schwab, K.: *Shaping the Future of the Fourth Industrial Revolution*, Portfolio Penguin, London 2018

³⁵ Pilný, I.: *Digitální ekonomika. Žít nebo přežít*, Albatros Media, Praha 2016

³⁶ Autorem této optimistické představy je americký vizionář J. Rifkin, v českém prostředí je jejím nejznámějším propagátorem J. Kůs.

Rifkin, J.: *The Third Industrial Revolution: How Lateral Power is Transforming Energy, the Economy, and the World*, Palgrave Macmillan Trade, London 2011, Rifkin, J.: *The Zero Marginal Cost Society: The Internet of Things, the Collaborative Commons, and the Eclipse of Capitalism*, Palgrave Macmillan Trade, London 2014

³⁷ Terminologie je nejednotná, anglicky je nejčastěji užíváno označení sharing economy, můžeme se ale setkat i s dalšími výrazy: peer-to-peer economy, collaborative economy, access economy, pooling economy.

³⁸ Tématem se zabývá například Paul Mason ve své knize *Postcapitalism. A guide to Our Future*. Hlavní myšlenka postkapitalismu je, že lidé by se více měli zabývat nemonetární a veřejně prospěšnou aktivitou na úkor vlastního prospěchu. První zárodky vidíme už dnes, například v komunitním způsobu produkce, k rozmachu pak má napomoci technika (jako příklad uvádí Linux či Wikipedii, které jsou dostupné i tvořené zdarma). In: Mason, P.: *Postcapitalism. A guide to Our Future*, Penguin Books, London 2016.

1. průkopníci rovnocenného propojování poukázali na potenciál dobrovolníků a nebáli se ho využít (Wikipedia, Linux)
 2. „ideagory“ (tzv. tržiště talentů) – firmy mohou využívat i odborníky mimo svoji organizaci
 3. „prozumenti“ – aktivní a tvůrčí lidé, kteří inovují výrobky, čímž vznikají nové hodnoty
 4. „noví alexandriáni“ – prozumenti ve vědeckém sektoru, díky sdílení informací a kolektivní spolupráci může jít vývoj rychleji
 5. platformy pro participaci – společnosti zpřístupňují své výrobky i technologie, dochází tak k vytvoření otevřené scény, ve které se mohou realizovat i jiní partneři a rozjíždět nová podnikání
 6. globální tovární haly
 7. wiki pracoviště – způsob, jak všechny propojit a vytvořit velmi efektivní systém tvůrčích sil.
- Nové paradigma spolupráce má samozřejmě i své nástrahy, například v podobě finančních a právních nejistot či spolehlivosti pracovní síly.³⁹ Někdy se participativní model dělby práce, ve kterém je angažovaná veřejnost, označuje slovem „crowdsourcing“.⁴⁰ V dnešní době je velmi oblíbený i „crowdfunding“, způsob financování, při kterém větší počet jednotlivců přispívá menším obnosem k cílové částce, požadované pro realizaci předmětu financování.

V současné době asi není možné s jistotou konstatovat, do jaké míry bude sdílená ekonomika participovat na světové ekonomice nebo zda ji bude určovat, vizionáři v ní každopádně vidí globální ekonomickou budoucnost. Americký expert A. Ross předpovídá, že sdílená ekonomika v budoucnu zahrne i specifitější práci a oblasti, důvěra bude „kódovaná“ (pomocí recenzí a sdílením zkušeností) a role státu bude snížena. Rozvoji sdílené ekonomiky pomůže i digitalizace měn, kryptoměny a technologie blockchainu. V této souvislosti také upozorňuje na potřebu zajištění bezpečnosti.⁴¹ Definovat sdílenou ekonomiku není snadné, v širším smyslu ji lze chápat jako upřednostňování přístupu ke zboží dlouhodobé spotřeby a výrobním faktorům za pomoci digitálních platform spíše než vlastnictví tohoto zboží a výrobních faktorů.⁴² Lze přitom identifikovat dva rysy, díky kterým dnes roste využívání tohoto typu služeb a platform. Za prvé, technologický pokrok umožňuje, aby se tento nový obchodní model rychle rozšiřoval a stával se pohodlnějším a flexibilnějším. Za druhé, přechod na obchodní model peer-to-peer, který funguje prostřednictvím online platformy nebo trhu, spojující spotřebitele, kteří vlastní určité prostředky a dovednosti, se spotřebiteli, kteří je dočasně potřebují. Důležitý je prvek zpětné vazby ve formě recenze či hodnocení služby, která zákazníkovi dává možnost orientovat se v kvalitě. Sdílená ekonomika díky současným digitálním technologiím redukuje transakční náklady hledání protistrany při najímání aktiv. Nižší transakční náklady se následně promítají do nižší nájemní ceny těchto aktiv, která jsou tudíž dostupná širšímu okruhu lidí. Aktivum může být pronajato v době, kdy jej vlastník nevyužívá, což zvyšuje jeho využití.⁴³ V kontextu udržitelného rozvoje je sdílená ekonomika důležitým prostředkem omezení znečištění z nadprodukce a dopravy. První, kdo na globální platformě umožnil vynechat zprostředkovatele a využil principu sdílené ekonomiky, byl v roce 1995 [eBay](#). Dnes tyto služby poskytuje velké množství poskytovatelů, z českého prostředí jmenujme [Rekola](#), [Fler](#), [SharyGo](#), [SuperSoused](#), [Hlídačky](#), [Nejremeslnik](#), [HappyGo](#), [Liftago](#) či [Flatio](#). Vzhledem ke stoupajícímu počtu uživatelů tohoto typu služeb je třeba řešit současnou nedostatečnou právní regulaci (jak práv a povinností účastníků, tak poskytovatelů).⁴⁴

Je třeba uvést, že některé služby, které jsou zahrnuty pod pojem sdílená ekonomika, jsou kontroverzní, protože namísto zvýšení efektivity při využívání zdrojů je jejich hlavním rysem spíše generování zisku prostřednictvím snižování ceny práce. Známými příklady jsou služby jako [Uber](#), [Lyft](#),

³⁹ Tapsott, D., Williams, A. D.: *Wikinomie: Jak masová spolupráce mění svět a obchod*, Fragment, Praha 2010

⁴⁰ Poprvé ho použil Jeff Howe v červnu roku 2006 ve svém článku pro časopis Wired, [The Rise of Crowdsourcing](#).

⁴¹ Ross, A.: *The Industries of the Future*, Simon & Schuster Paperbacks, New York 2016

⁴² Goudin, P.: [The Cost of Non-Europe in the Sharing Economy. Economic, Social and Legal Challenges and Opportunities](#). European Parliamentary Research Service (EPRS), 2016.

⁴³ [Sdílená ekonomika. Bohatství bez vlastnictví](#), Deloitte, 2017.

⁴⁴ Tuto tematiku včetně právního rámce podrobně rozebírá [Analýza sdílené ekonomiky a digitální platformy Úřadu vlády](#).

[Airbnb](#) nebo [WeWork](#).⁴⁵ Tyto americké globální platformy popírají původní smysl ideje sdílené ekonomiky. Výsledkem je hromadění majetku, obcházení zákona, výrazný růst cen na trhu s nemovitostmi, přemíra turismu, vysídlování původního obyvatelstva (typickým případem je Praha)⁴⁶ a výrazné znevýhodnění regulérních provozovatelů stejných služeb (hotelů, taxi služeb).⁴⁷ Některé státy tak už proto přistoupily k regulaci Uberu, některé je dokonce zakázaly (Finsko, Dánsko, Norsko, Rumunsko, Španělsko). V současné době tento problém ustoupil do pozadí kvůli omezení turismu vlivem pandemie, otázkou ale je, jak dlouho tento stav potrvá a kdy se neuspokojivá situace opět vrátí.

Sdílená ekonomika ve své původní podobě je součástí širšího komplexu tzv. oběhového hospodářství, známého také jako cirkulární ekonomika. Počet obyvatel planety rychle roste a spolu s nimi i spotřeba, znečištění a odpady. Jen Evropa vyprodukuje 2,5 miliardy tun odpadu ročně, z čehož zhruba 50 % skončí na skládkách nebo ve spalovnách. Výsledkem je i to, že nenávratně mizí vzácné materiály. Například na některých skládkách je dnes větší koncentrace zlata než ve zlatých dolech. Životní prostředí je tak znečištěné a zdroje planety omezené, že současné tempo růstu nelze udržet. V roce 2009 světová poptávka po komoditách dosáhla 1,5 násobku množství, než je planeta schopna zajistit a obnovit udržitelným tempem.⁴⁸ Současné modely spotřeby v kombinaci s předpokládaným růstem počtu obyvatel až na 10 miliard lidí do roku 2050 ukazují, že globální poptávka dosáhne trojnásobku udržitelné produkce naší planety.⁴⁹ Primární suroviny, jako je ropa, kovy či stromy jsou vytěženy, přeměněny na produkty a na konci životního cyklu skončí na skládce nebo ve spalovně. Situaci ještě zhoršuje to, že 95 % produktů končí v koši již po 6 měsících od jejich zakoupení.⁵⁰

Pilíře udržitelného rozvoje



Zdroj: Wikipedie

⁴⁵ Web Pando založil [rubriku](#), ve které shrnují ta nejzásadnější obvinění od znásilnění řidičem přes přejetí pasážera, diskriminace řidičů i cestujících až po únosy. O tom, jak společnost ždímá zisky ze svých řidičů, referovala americká novinářka [E. Guendelsbergerová](#), která několik měsíců řídila pro Uber. [Jiní zase upozorňují](#) na nebezpečí toho, že se svět bude brzy dělit na ty, kdo na využívání těchto služeb mají peníze, a služební podtřídu, která je poskytuje.

⁴⁶ Vzorem Praze může být například Berlín. Pokud tam někdo vlastní dva a více bytů, tak je může tímto způsobem pronajímat maximálně po dobu devadesáti dnů v kalendářním roce, a to jen tehdy, pokud k tomu získá souhlas od svých sousedů.

⁴⁷ Americký [Instit pro hospodářskou politiku](#) ve své studii dokázal, že Airbnb mění strukturu zaměstnanosti, zdražuje standardní bydlení nebo prokazatelně funguje jako substitut vůči hotelům

⁴⁸ 17 Cílů udržitelného rozvoje (Sustainable Development Goals, SDGs) je program OSN rozvoje na roky 2015–2030. Byl přijat v září 2015 na summitu OSN v rámci tzv. *Agendy 2030 Přeměna našeho světa: Agenda pro udržitelný rozvoj 2030* (Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development), na které se státy dohodly během tříletého procesu, který začal na Konferenci OSN o udržitelném rozvoji v roce 2012.

Cíl 13: Přijmout bezodkladná opatření na boj se změnou klimatu a zvládnání jejích dopadů.

Cíl 14: Chránit a udržitelně využívat oceány, moře a mořské zdroje pro zajištění udržitelného rozvoje

Cíl 15: Chránit, obnovovat a podporovat udržitelné využívání suchozemských ekosystémů, udržitelně hospodařit s lesy, potírat rozšiřování pouští, zastavit a následně zvrátit degradaci půdy a zastavit úbytek biodiverzity

⁴⁹ Rockström, J., Steffen, W., Noone, K. et al.: [A safe operating space for humanity](#). Nature 461, 472–475 (2009).

⁵⁰ Viz <https://www.theworldcounts.com/>.

Správnou cestou je proto nahradit ekonomiku lineární, která má na jednom konci zdroje a na druhém konci výrobky a odpad, a prosazovat ekonomiku produkující minimum odpadů a udržující zdroje co nejdéle v oběhu.⁵¹ Cirkulární ekonomika odděluje hospodářský růst od potřeby těžit nové a vzácné materiály. Jejím cílem je transformovat celý ekonomický systém svými hlavními principy: uzavření kruhu zdrojů (přetavení odpadového materiálu zpět na zdroje), zpomalení toku zdrojů (zvýšení životnosti výrobků pomocí promyšlených technologií a designu a zvýšení možnosti náhrady dílů, oprav, vylepšení a přestavby – například zavedením větší modularity produktů) a narovnání toku zdrojů (změna spotřebitelského chování – z vlastnění na sdílení a zvýšení produktivity využívání zdrojů).⁵²



Zdroj: Institut cirkulární ekonomiky

Příklady firem, které aplikují cirkulární princip ve svých procesech, ukázaly, že takové kroky mohou přinést i značné zisky.⁵³ Cirkulární ekonomika přináší slibné výsledky i na makroekonomické úrovni. Společnost [McKinsey & Company](#) ve studii z roku 2015⁵⁴ spočítala, že díky aplikaci principů cirkulární ekonomiky by se Evropská unie, historicky závislá na dovozu surovin z celého světa, mohla nejen vypořádat se svými environmentálními a společenskými problémy, ale do roku 2030 ušetřit 1,8 bilionu EUR. Přejít na nový druh ekonomiky by měl výrazně omezit produkci skleníkových plynů, z nichž 80 % pochází z dodavatelského řetězce. Kromě toho cirkulární ekonomika chrání vzácné přírodní zdroje, nevytváří odpad, a tudíž nezatěžuje planetu skládkami a posiluje zdrojovou bezpečnost. I velké firmy si uvědomily závažnost situace. Vzorovým příkladem může být firma

⁵¹ Recyklace je i jedním z bodů plánu boje proti klimatickým změnám, který P. Hawken srozumitelně vysvětluje ve své populární knize *Drawdown: The Most Comprehensive Plan Ever Proposed to Reverse Global Warming*.

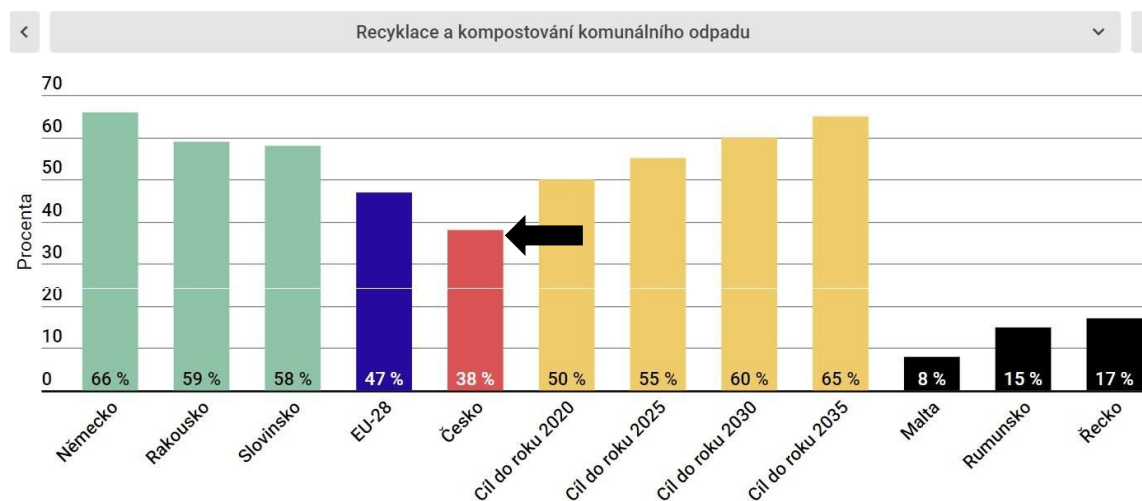
⁵² *Business Models for the Circular Economy: Opportunities and Challenges from a Policy Perspective*, OECD Publishing, Paris 2018

⁵³ Například francouzskému výrobcí automobilů Renault se podařilo snížit spotřebu energie a vody o 85 % tím, že začal používat a opravovat staré automobilové díly namísto toho, aby vyráběl nové. V důsledku úspor materiálu a energie se společnosti Renault podařilo svým zákazníkům nabídnout o 30–50 % levnější produkt stejné kvality.

⁵⁴ Plné znění studie: [Grow within: A circular economy vision for a competitive Europe](#), McKinsey Center for Business and Environment, Ellen MacArthur Foundation, Stiftungsfonds für Umweltökonomie und Nachhaltigkeit (SUN), 2015

Heineken.⁵⁵ H&M chce do roku 2030 být 100 % cirkulární, IKEA oznámila, že bude používat pouze certifikované dřevo, podporovat opravitelnost výrobků a kvalitu oproti kvantitě a chce do roku 2030 vyrábět vše z recyklovaných nebo ekologických materiálů, aby se z jeho zboží nikdy nestal odpad, a když už, tak recyklovatelný. Společnost Philips oznámila, že "zelené aktivity" tvořily v roce 2017 60 % celkových výnosů.

Evropská unie přijala principy cirkulární ekonomiky za své.⁵⁶ S nastartováním oběhové ekonomiky má pomoci balíček šesti směrnic, schválený v roce 2019. Legislativa se týká omezení skládkování komunálního odpadu, rozšíření odpovědnosti výrobců, potravinového odpadu, odděleného sběru bioodpadu a textilu i samotné prevence vzniku odpadů. Pro Českou republiku přinesou nová unijní pravidla výrazné změny. Kromě legislativy se připravuje strategický dokument *Cirkulární Česko 2040*. Česká republika čerpá na projekty unijní prostředky zejména z [Operačního programu Životní prostředí](#).⁵⁷ Cyklické využívání zdrojů a podpora trhu s druhotnými surovinami je zároveň cílem spolupráce Česka a Slovenska, k němuž se zavázali předsedové vlád obou zemí ve svém společném [prohlášení z 11. listopadu 2019](#). Česká republika je často chválena za třídění odpadu, problém však je, že nefunguje dotřídňování ani recyklace. Na skládky jde devět desetin odpadu, do oběhu se vrací pouze 8 % druhotných surovin. Roční produkce komunálního odpadu dosahuje 6 milionů tun, z čehož polovina je ukládána do země, kde hnije bez dalšího využití.



Zdroj: Eurostat, Evropský parlament, Evropská komise, Ministerstvo životního prostředí ČR

Pro rozvoj oběhového hospodářství v České republice je dále důležitá změna vnímání a pochopení, že se nejedná o překážku vlastnímu byznysu, ale naopak o příležitost. Propagací a osvětou se zabývá Institut cirkulární ekonomiky [INCIEN](#). Z českých firem a projektů, které naplňují koncept cirkulární ekonomiky, můžeme jmenovat: firmu [JRK](#) zabývající se odpadním hospodářstvím, projekt [Druhý život](#)

⁵⁵ Ta ve svém pivovaru v severním Mexiku využívá k vyhřívání varen přebytečné teplo z nedaleké sklárny, mláto prodává jako krmivo pro dobytek a plánuje z něj vyrábět hodnotnější produkty. Třeba tak, že ze zrn dostane proteiny, tuky a jiné látky, které pak nabídne v potravinářském, kosmetickém či farmaceutickém průmyslu. Heineken zároveň dlouhodobě pracuje na snížení spotřeby vody, která je v pivovarnictví obecně poměrně vysoká. Pivovar zároveň používá výhradně obnovitelnou energii a do sousední sklárny posílá veškeré staré a rozbité sklo z použitých lahví. Jejich etikety jdou na výrobu toaletního papíru, z pivovarského bioodpadu se zase vyrábí hnojivo. V roce 2015 uveřejnil koncern Heineken na svém Twitteru, že mu jen samotné snížení spotřeby vody a energií za posledních šest let ušetřilo 84 milionů dolarů.

⁵⁶ Viz [EU approach to sustainable development](#).

⁵⁷ Ministerstvo životního prostředí se v dotačním programu nejdříve zaměřilo na oblast komunálních odpadů a poté na oblast průmyslového odpadu vznikajícího ve výrobcích. V prvních fázích řešila produkci nábytku, textilu a produkci odpadu přímo v domácnostech občanů. Vytvářela se sběrná síť na textil, knihy, hračky a další spotřební zboží, které může být využito v rámci charitativních akcí. Podpořila se také centra pro předcházení vzniku odpadů prostřednictvím sběrných dvorů a rozšíření potravinových skladů. Nepodporovala se svozová či manipulační technika.

[nábytku](#) české pobočky švédské firmy IKEA,⁵⁸ spolupráci firem Košík a Mattoni na [zálohování](#) plastových obalů, [Otoč obal](#) a Zachraň jídlo firmy Rohlík, [Budoucnost bez obalu](#) firmy Košík, síť prodejen [Bez obalu](#), projekt sdílení starých jízdních kol [REKOLA](#), sáčky na zeleninu vyrobené z unikátního kukuřičného materiálu [Frusak](#), aplikace [Nesněženo](#), [Chytrá klíčenka](#)⁵⁹ a další.

To, jak se společnosti dokáží převratným změnám spojeným s nástupem čtvrté průmyslové revoluce adaptovat, bude hrát klíčovou roli v tom, jak stabilní, konkurenceschopné a prosperující budou. Nejlépe budou profitovat firmy a státy, které jsou schopné se přizpůsobit a nasměrovat své občany na průmyslová odvětví, která porostou a ve kterých mohou globálně konkurovat.⁶⁰ Vůdčí globální technologické firmy a online platformy (Amazon, Facebook, Google, Twitter, Uber, Airbnb) vznikly v USA. Jedním ze základních předpokladů, aby v Evropské unii mohly vznikat start-upy se schopností globální expanze, je existence hladce fungujícího a propojeného vnitřního digitálního trhu. Jedním z ožehavých témat v Evropském parlamentu je například otázka zdanění práce robotů, popřípadě zavedení sociálních odvodů z robotizovaných výrobních linek. Státy se potýkají (a do budoucna dále budou) s potřebou zajistit fiskální příjmy, na druhé straně by státy Evropské unie byly v globálním prostředí ohroženy poškozením konkurenceschopnosti.

V České republice je zavádění nových technologií dominantně taženo velkými výrobními podniky, obzvláště v sektorech automobilové výroby a strojírenství. Podle [ČSÚ](#) v roce 2018 používala průmyslové roboty již více než polovina velkých, téměř třetina středních, ale jen 6 % malých podniků v odvětví zpracovatelského průmyslu. Nasazování robotů v Česku stále roste, v roce 2019 zaznamenal prodej robotů v České republice 50% nárůst.

Podle odvětví jsou roboty zastoupeny:

1. Automobilový průmysl – 43 %
2. Metalurgický průmysl – 32 %
3. Gumárenský a plastový průmysl – 31 %
4. Výroba kovových konstrukcí – 20 %
5. Výroba ostatních dopravních prostředků – 19 %
6. Elektrotechnický – 19 %
7. Strojírenský – 16 %
8. Výroba skla, keramiky – 12 %
9. Elektronický – 12 %
10. Dřevozpracující, papírenský – 10 %

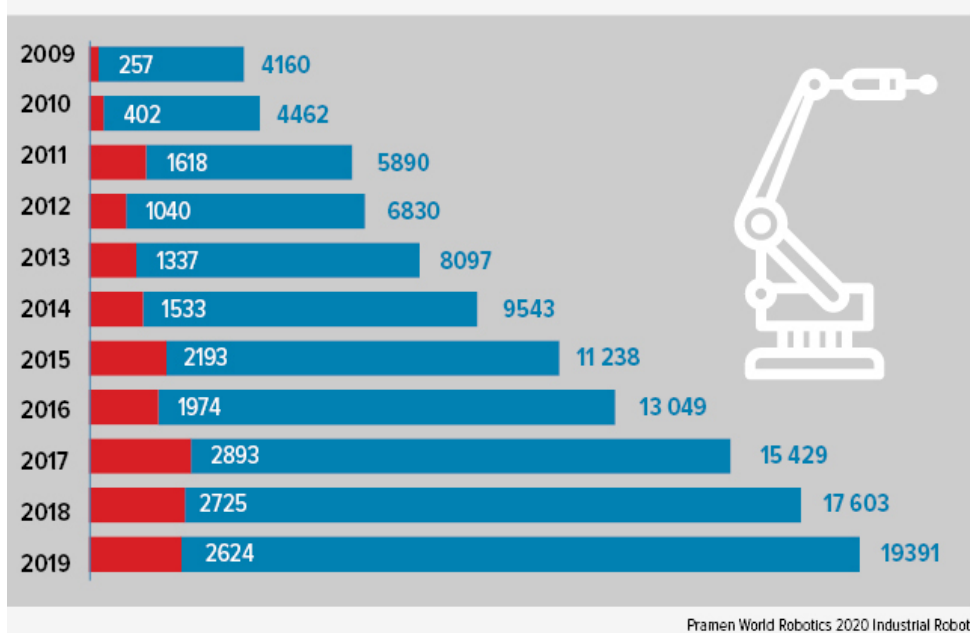
Rozdíly je možné najít také mezi jednotlivými typy robotů. České firmy nejčastěji sahají po průmyslových robotech. V menší míře jsou pak zastoupeny servisní roboty určené pro specializované úkony, zejména v odvětví automobilovém a chemickém. Podle zprávy [World Robotics Report 2020](#) publikované asociací IFR (International Federation of Robotics) skončila loni Česká republika v hustotě průmyslových robotů na patnáctém místě na světě. Zpráva dále předpovídá vyšší poptávku po rozšiřujícím se portfoliu kolaborativních aplikací, zejména v oblasti pick&place, balení a paletizace, zpracování materiálu a montáže.

⁵⁸ V rámci tohoto projektu mohli zákazníci vrátit do prodejen starý nábytek a ve výši zbytkové hodnoty získali voucher na další nákup. IKEA použitý nábytek prodala formou bazaru.

⁵⁹ Chytrá klíčenka je pilotním projektem základních škol v Kolíně, jejichž žáci fungování víceúčelové čipové karty pro děti používají jako první na světě. Klíčenka je multifunkční nástroj, který nahrazuje množství čipů či karet, jež žáci dosud potřebovali k různým identifikačním a přístupovým účelům ve škole i mimo ni. Díky využití bezkontaktního čipu zastane funkci čtenářské průkazky Městské knihovny Kolín nebo čipu pro výdej obědů ve školních jídelnách v Kolíně. Ve škole zajistí přístup do kolárny a může být použita jako jízdenka v MHD Kolín. Lze ji také aktivovat jako předplacenou kartu, na níž mohou dětem rodiče posílat kapesné. Rodiče chytrou klíčenku nekupují, žákům ji zajistí sama škola. Město Kolín se aktivně účastní realizace globálního konceptu Smart Cities.

⁶⁰ Ross, A.: *The Industries of the Future*, Simon & Schuster Paperbacks, New York 2016

Vývoj počtu průmyslových robotů v Česku



Zdroj: E15

Pro malé a střední podniky (SME)⁶¹ jsou nové technologie nákladné a většina z nich zaujala vyčkávací taktiku, až se daná technologie zlevní, nebo až najdou vhodný dotační zdroj. Na druhou stranu pro vývoj nových technologických řešení se jeví model vysoce specializovaného SME jako nejvhodnější (tzv. start-up). Dokládá to i to, že právě takový model podnikání je rozšířený v technologicky nejvyspělejších oblastech světa.⁶² V českém průmyslovém prostředí je na čtvrtou průmyslovou revoluci nahlíženo pozitivně. Při současné velmi nízké nezaměstnanosti a s ohledem na demografické trendy je robotizace a automatizace důležitým nástrojem zajištění výrobních kapacit.⁶³

⁶¹ V EU patří 99 % podniků do kategorie SME. Základním kritériem pro posouzení velikosti podnikatele je počet zaměstnanců, velikost ročního obrátu a bilanční suma roční rozvahy (velikost aktiv). Údaje, které se mají použít pro stanovení počtu zaměstnanců a finančních veličin, jsou údaje vztahující se k poslednímu uzavřenému zdaňovacímu období vypočtené za období jednoho kalendářního roku. Za drobného, malého a středního podnikatele se považuje podnikatel, který zaměstnává méně než 250 zaměstnanců a jeho roční obrát nepřesahuje 50 milionů EUR nebo jeho bilanční suma roční rozvahy nepřesahuje 43 milionů EUR. V rámci kategorie malých a středních podniků jsou malé podniky vymezeny jako podniky, které zaměstnávají méně než 50 osob a jejichž roční obrát nebo bilanční suma roční rozvahy nepřesahuje 10 milionů EUR. V rámci kategorie malých a středních podniků jsou drobní podnikatelé vymezeni jako podnikatelé, kteří zaměstnávají méně než 10 osob a jejichž roční obrát nebo bilanční suma roční rozvahy nepřesahuje 2 miliony EUR. Dle <https://www.czechinvest.org/cz/Sluzby-pro-male-a-stredni-podnikatele/Chcete-dotace/OPPI/Radce/Definice-maleho-a-stredniho-podnikatele>.

⁶² Když má zaměstnanec velké firmy sídlící v Silicon Valley dobrý nápad, dostane možnost vybudovat vlastní start-up. Když je úspěšný, firma ho od něj koupí.

⁶³ Podrobně o situaci, předpokladech, výhodách i možných problémech rozvoje AI v České republice viz studie [Umělá inteligence a příležitosti v České republice](#). Studii pro Microsoft Česká republika a Slovensko vypracoval Aspen Institute Central Europe v roce 2019.

SWOT ANALÝZA POZICE ČR Z HLEDISKA SOCIOEKONOMICKÝCH DOPADŮ AI

Silné stránky	Slabé stránky
- kvalitní VaV v oblasti AI - inovační podniky a podpora inovací ve firmách - kvalifikovaní experti v AI a informatice - fungující systém vzdělávání a celoživotního učení - fungující systém rekvalifikace - fungující systém sociálního zabezpečení a záchranná sociální síť - strategie socioekonomických dopadů AI (Práce 4.0, Digitální Česko)	- struktura pracovní síly a způsob zapojení ČR do globálních hodnotových řetězců. - regiony s vysokým stupněm ohrožení automatizací - nedostatečný rozvoj dovedností pro 21. století a informatického myšlení - nedostatečné vybavení pro rozvoj digitální gramotnosti a informatického myšlení. - nedostatečná připravenost učitelů na změny ve výuce
Příležitosti	Hrozby
- zvyšování produktivity a konkurenceschopnosti ekonomiky - využití uvolněných lidských zdrojů pro kreativní pracovní činnosti s vyšší přidanou hodnotou lidské práce - koncepční reforma a rozvoj systému vzdělávání, celoživotního učení a rekvalifikace - nalezení nových sociálních modelů pro podporu přechodu ohrožených pracovníků na nové pozice - AI jako asistenta učitele ve vzdělávání - AI při rekvalifikaci (diagnostika a návrh nejlepšího řešení pro ohroženého pracovníka).	- firmy se budou řídit kritériem minimalizace nákladů bez podpory rekvalifikace - zaostávání v ekonomickém růstu a konkurenceschopnosti - zvýšení strukturální a frikční nezaměstnanosti - prohlubování ekonomické nerovnosti ve společnosti nové bariéry v podnikání-např. nepřizpůsobení regulatorního rámce novému charakteru práce (outsourcing) a organizačním změnám ve firmách a hodnotových řetězcích (nové modely a způsoby spolupráce)

Zdroj: <https://www.vlada.cz/assets/evropske-zalezitosti/aktualne/AI-technologie-2018.pdf>

Klíčové pro úspěch české ekonomiky nyní je, aby v několika příštích letech zvládla digitální transformaci a změnila své úzké zaměření.⁶⁴ Mimořádně důležitá v tomto ohledu bude spolupráce státu s firmami. Po celém území České republiky nabízí pomoc podnikatelům a start-upům síť regionálních center podpory podnikání, podnikatelských inkubátorů, technologických center a technologických parků.⁶⁵ Malé a střední podniky budou díky své inovativnosti hlavním tahounem hospodářského růstu (také díky stoupajícímu podílu sdílené ekonomiky). Důraz na podporu SME jako nositelů inovací je patrný z hlavních vládních strategických dokumentů i hospodářské a dotační strategie EU.⁶⁶ Stát by měl vytvořit takové podmínky, aby i malé a střední firmy měly možnost využívat výsledků výzkumu. Ve fungování podniků musí dojít k nejen k nahrazení starých technologií novými, ale k úplné a zásadní restrukturalizaci procesů. Rutinní úkoly budou přenechány vyspělým technologiím, které zajistí růst produktivity. Oborníci také volají po reformě vzdělávacího systému, který ve své stávající podobě nereflektuje požadavky současné doby.⁶⁷ V neposlední řadě je prostor pro odstranění nadbytečné zátěže a přizpůsobení právních předpisů podmínkám moderní digitální

⁶⁴ WEF ve svých *Deep Shift – Technology Tipping Points and Societal Impact* (Global Agenda Council on the Future of Software and Society) v roce 2015 předpovědělo, že do roku 2025 bude s 84% pravděpodobností ve výrobě první auto vytisknuté ve 3D a s 67% pravděpodobností se víc cest uskuteční ve sdílených autech než v autech v soukromém vlastnictví.

⁶⁵ Přehledně viz <http://podnikavost.cz/mimo-skolu/inkubatory/>.

⁶⁶ Start-upy, malé a střední podniky mohou získat finanční prostředky EU v rámci pilotního projektu [EIC \(Enhanced European Innovation Council\) EIC Accelerator](#), podporující vysoce rizikové malé a střední inovační podniky s vysokým potenciálem, které jsou ochotny vyvíjet a komercializovat nové produkty, služby a obchodní modely, které by mohly vést k ekonomickému růstu a formovat nové trhy nebo narušovat stávající trhy v Evropě a na celém světě. Pilot jako součást programu [Horizon Europe](#) poskytuje podporu podnikových inovací v celém cyklu, nabízí koučování i mentoring.

⁶⁷ „Vzdělávací systém je nutné přeorientovat na podporu rozvoje nových technických dovedností v oblasti STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) a tzv. dovedností pro 21. století. Rovněž je nutné zvyšovat odbornost a kompetence žáků a studentů v oblasti informačních technologií a tzv. informatického myšlení, včetně fenoménu AI a s ním souvisejících etických otázek. Inspiraci nabízí např. reforma základního školství v oblasti digitálního vzdělávání ve Velké Británii, Estonsku, Švédsku nebo Finsku. V oblasti sekundárního a terciárního vzdělávání je nutné vzít v potaz multidisciplinaritu AI technologií a zavádět příslušné vzdělání i do oborů jako je lékařství, právo, žurnalistika a dalších.“ In: [Výzkum potenciálu rozvoje umělé inteligence v České republice](#) (2018).

doby (včetně zajištění právní jistoty pro uživatele a poskytovatele služeb v rámci sdílené platformy sdílené ekonomiky).

V souvislosti s budoucím hospodářským vývojem je často zmiňována důležitost a nutnost spolupráce,⁶⁸ ať už kooperací start-upů, zavedených úspěšných firem a vědců a vědecko-výzkumných organizací,⁶⁹ tak propojováním oborů, kde vzniká velký potenciál k získání nových poznatků a z nich plynoucích inovací v podobě konkrétních realizací v průmyslu. Zásadním prvkem organizace vyhovující novým podmínkám jsou týmy, které nepodléhají hierarchickým principům, ale jsou založené na samo-organizaci a mají rozšířené rozhodovací pole. Odpovědnost vyplývá z výsledků očekávané spolupráce, otevřenosti a spoluúčasti. Ve fungující firmě nesmí panovat nezdravě soutěživé prostředí, ale kooperující, konsensuální, vzájemně si důvěřující a podporující se. Výhody „open innovation“ (otevřené spolupráce) propaguje už od roku 2003 Henry W. Chesbrough, profesor a děkan Haas School of Business na univerzitě Berkeley, kde působí také v [Garwood Center for Corporate Innovation](#). Apeluje, aby se společnosti posunuly od tzv. uzavřených inovačních procesů k otevřenějšímu způsobu inovací, a popisuje výhody, které tento způsob vedení firmám a společnostem nabízí.⁷⁰ To přijala za své i Evropská unie ve své platformě [Open Innovations 2.0](#), kterou propaguje [Open Innovation Strategy and Policy Group](#) (OISPG) a je důležitou součástí předpokládaného evropského inovačního systému. V novém otevřeném procesu inovace, založeném na „quadruple helix modelu“,⁷¹ figuruje 5 klíčových prvků: networking, spolupráce (zapojení partnerů, konkurentů, univerzit a uživatelů), firemní podnikání (posílení podnikového podnikání, zakládání nových podniků a spin-off), proaktivní správa duševního vlastnictví (vytváření nových technologických trhů), výzkum a vývoj (dosažení konkurenčních výhod na trhu).⁷²

Investice do lidského kapitálu je čím dál více důležitá. Zatímco rutinní činnosti budou automatizované, potřeba lidské kreativity se zvýší. Globalizace a digitalizace ekonomiky a z ní vyplývající determinace úspěchu na mezinárodních trzích (potažmo jednom globalizovaném trhu) vytváří zvýšený tlak na vedoucí pozice a top management firem, jehož volba bude pro firmy klíčová. Úspěšní top manažeři musí mít přesah a ideálně zkušenost z několika oborů a profesí. Nutnou podmínkou úspěšného přechodu do nové průmyslové etapy tak není pouze dosažení vysoké technické vyspělosti, ale splnění nových manažersko-ekonomických úloh.

V České republice už vznikají platformy na podporu inovací, moderních technologií a přenosu výzkumu do praxe. [Technologické centrum AV ČR](#) (TC AV ČR), vzniklo v roce 1994 jako neziskové zájmové sdružení právnických osob, členy sdružení jsou pracoviště Akademie věd ČR. [Národní centrum Průmyslu 4.0](#) (NCP4.0) je otevřená akademicko-průmyslová platforma, která propojuje přední nositele inovací z řad univerzit, firem a dalších organizací. Byla zřízena při [Českém institutu informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT v Praze](#) (CIIRK ČVUT). Ten je také součástí [Výzkumného a inovačního centra pro vyspělou průmyslovou výrobu](#) (Research and Innovation Centre on Advanced

⁶⁸ Tomek, G., Vávrová, V.: *Průmysl 4.0 aneb Nikdo sám nevyhraje*, Professional Publishing s.r.o., Praha 2017

⁶⁹ Současné trendy ve vědecké komunikaci ukazují na význam dialogu mezi různými cílovými skupinami a výzkumnou komunitou. Nedávná evropská [studie](#) stručně vysvětluje, nejen co vědecká komunikace zahrnuje a proč je důležité motivovat vědce a výzkumné organizace ke komunikaci s veřejností, ale také proč a jak motivovat občany k zapojení do vědeckých záležitostí.

⁷⁰ Chesbrough, H. W.: *Open Innovation. The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts 2003

⁷¹ „Quadruple Helix Innovation Model“ je model spolupráce, který do inovačního procesu zapojuje institucionální orgány, výzkumný sektor, podnikatelský sektor a občany.

⁷² Karel Dobeš, vládní zmocněnec pro spolupráci s Evropskou agenturou pro družicovou navigaci (GSA) a člen Koordinační rady ministra dopravy pro kosmické aktivity, k tématu podpory inovací: „Inovace se nedají podporovat. Můžete ale podporovat inovační prostředí. A to je komunikace a dostatek informací. Tohle podhoubí potřebujeme a pomalu se to mění. Podívejte se třeba na Jihomoravské inovační centrum nebo na Hvězdárnu Brno. Setkávají se tam lidé z průmyslu, vědy a techniky. Jsou pružní, dokážou organizovat akce velmi rychle. Inovace nepřijde od velkých firem. Potřebujete lidi, kteří mají vize dělat to, co nedělá nikdo jiný. Dělat to, co už dělá někdo jiný, to není dlouhodobá záležitost.“ In: <https://www.svetchytre.cz/a/pFc5T/prumysl-o-kterem-se-nemluvi-cesko-ma-ke-kosmu-mnohem-bliz-nez-si-myslite>.

Industrial Production, RICAIP), jehož cílem je umožnit CIIRC ČVUT spolu s partnery z České republiky a Německa posílit jejich pozici ve výzkumu umělé inteligence a robotiky pro vyspělou průmyslovou výrobu v Evropě.⁷³

Závěrem lze shrnout, že v dnešní době rozhoduje o ekonomické vyspělosti země vyspělost technologická, která je důležitým předpokladem růstu životní úrovně obyvatel. Klíčové jsou přitom inovační aktivity. Jako hlavní doporučení pro Českou republiku odborníci uvádějí:

- zlepšit digitální infrastrukturu
- rozvíjet školství s důrazem na rozvoj jak technických znalostí a dovedností, tak kritického a samostatného myšlení mladých lidí
- zvýšit výdaje na vědu, výzkum a vývoj
- posílit ochranu duševního vlastnictví
- podpořit malé a střední domácí firmy, spin-off a start-up prostředí⁷⁴
- propojovat podnikatelskou a vědecko-výzkumnou sféru a obory.

⁷³ V dubnu roku 2020 přišel právě díky novému projektu centra RICAIP na CIIRC [Tomáš Mikolov](#), jeden z předních světových odborníků na umělou inteligenci, který pracoval pro Facebook AI Research, Google Brain nebo Microsoft Research.

⁷⁴ Úspěšnými příklady mohou být firmy jako Avast, Prusa Research, Kiwi, Neuron soundware, Presiosa, Lasvit, Bohemia, Prestige, OIG power, Elko EP a další. Více viz <https://www.euro.cz/udalosti/mame-na-to-1427070>.

Sociálně-kulturní faktory

Česká republika měla k 31. prosinci 2020 10 701 777 obyvatel. Je národnostně homogenním státem, k 31. 12. 2019 zde žilo podle údajů [ČSÚ](#) 593 366 cizinců, z toho nejvíce Ukrajinců (145 153), Slováků (121 278), Vietnámců (61 910) a Rusů (38 010).⁷⁵ Jako věřících, hlásících se ke konkrétní církvi či náboženské společnosti, se označilo 1 467 438 (k Církvi římskokatolické 1 083 899, Českobratrské církvi evangelické 51 936 a k Církvi československé husitské 39 276).⁷⁶ V posledním velkém [průzkumu](#) české společnosti⁷⁷ sociologové identifikovali 6 formujících se tříd. Vlivem historického vývoje se v České republice oproti zemím západní Evropy ještě nezformovala třída elit. Elity jsou v České republice vnitřně velmi rozdílné, jednotlivé skupiny, ze kterých se skládají,⁷⁸ mají mezi sebou různě silné vazby. Tvoří 0,5 % až 1 % populace, nyní se řadí do Zajištěné střední třídy a Nastupující kosmopolitní třídy, která do budoucna může být – pokud část z ní akumuluje majetek, zajistí své příjmy a udrží si kontakty a kompetence – jádrem nově vzniklé třídy elitní.

Typ	Třída	Složení kapitálů – co je pro ni typické	Jak je velká
Vyšší střední	Zajištěná střední třída	Vysoký příjem a majetek, ale jen mírně nadprůměrný sociální kapitál (kontakty, pomoc v okolí), kulturní kapitál a nové typy kompetencí (jazyky, počítače)	22,1 %
	Nastupující kosmopolitní třída	Vysoký či nadprůměrný příjem, ale omezený majetek. Vysoký sociální kapitál, kulturní kapitál a nové typy kompetencí	11,9 %
Nižší střední	Tradiční pracující třída	Nadprůměrný příjem a majetek, ale velmi nízký sociální, kulturní kapitál i nové typy kompetencí	14,4 %
	Třída místních vazeb	Nadprůměrný majetek a sociální kapitál (kontakty, pomoc v okolí), ale nižší příjmy a kulturní kapitál a nové typy kompetencí	11,8 %
	Ohrožená třída	Solidní sociální, kulturní i lidský kapitál (nové kompetence), ale velmi nízký majetek a příjmy	22,2 %
Nižší	Strádající třída	Velmi nízký příjem, majetek a zároveň malý sociální kapitál a nové typy kompetencí	17,6 %

Zdroj: Český rozhlas

Nejvíce nepřijatelné skupiny obyvatel v očích veřejnosti jsou podle tohoto průzkumu drogově závislí, muslimové a Romové. Třídy s vyšším kapitálem jsou vůči skupinám tolerantnější, ukazuje se, že lidé, kteří disponují schopnostmi překračovat komunikační bariéry, ať už jazykové či technologické, jsou vůči ostatním vstřícnější. Výrazně se ve svých postojích vyděluje Strádající třída, je tedy zřejmé,

⁷⁵ Zejména kvůli obavám z protiromských nálad a neztotožněním se se smyslem sčítání se k romské národnosti přihlásilo při posledním sčítání lidu v roce 2011 pouze 13 tisíc lidí. Reálný odhad je přitom 250 tisíc a víc.

⁷⁶ Údaje vychází z posledního oficiálního [sčítání lidu ČSÚ v roce 2011](#).

⁷⁷ Studii současné české společnosti pro Český rozhlas tým zpracoval tým sociologů ve složení: D. Prokop, M. Buchtík, P. Tabery, T. Dvořák, M. Pilnáček. Vycházeli z přístupu francouzského sociologa P. Bourdieua, který ukázal, že kromě příjmu a majetku (ekonomický kapitál) je pro postavení ve společnosti klíčové, jaké mají lidé kontakty a vazby ve společnosti. Tyto sociální vazby mohou pomáhat čelit krizím a získat lépe placenou práci či různé další výhody (sociální kapitál). Dále P. Bourdieu dokázal, že pro společenský úspěch je důležité i to, nakolik sdílíte ve společnosti oceňované kulturní preference a orientace, které jsou spojeny s vyšší společenskou pozicí (kulturní kapitál).

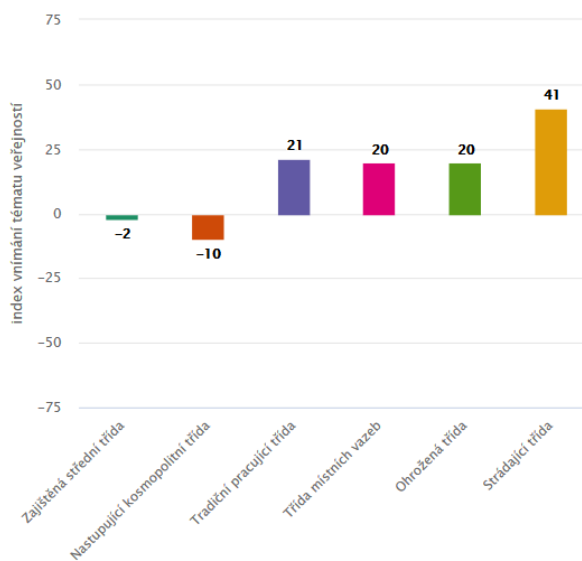
⁷⁸ Politické elity (včetně vrcholných představitelů veřejných institucí, mezinárodních institucí a státních podniků, podnikatelské elity (včetně vrcholných ředitelů a manažerů velkých firem), mediální elity (majitelé a významní komentátoři sdělovacích prostředků), elity v oblasti občanské společnosti, kultury, vědy, církve a bezpečnostních záchranných složek (armády, policie a integrovaného záchranného systému).

že sociální nerovnost je nejsilnějším faktorem utváření odlišných názorů.⁷⁹ Příčinou je však podle autorů studie zejména to, jakým způsobem se o tématech hovoří. Emoce jako účinná zbraň persvaze a manipulace přitahuje, dokáže nejen mohutně spojovat, ale také rozdělovat. Negativní kampaně jsou ty neúspěšnější, politici proto využívají traskavost témat a křehkost a zranitelnost nejslabší třídy ve svůj prospěch, prezentují témata jako černo-bílé póly a rozdělují tím společnost na dva nepřátelské tábory. Nejbohatší Praha dál bohatne a vzdaluje se ostatním regionům, zejména severu, který vykazuje nejvíce sociopatologických jevů, včetně narůstajícího počtu tzv. vyloučených lokalit (nejen romských). Předpoklady k dalšímu vzdalování jsou velmi silné, světové globalizační a technologické trendy je bohužel ještě více posilují.

Jaká témata rozdělují společnost – seřazeno od nejvíc po nejméně polarizující

1. Obavy z migrace
2. Vnímání nerovností – rovnostářství, zásluhovost, přerozdělování
3. Prozápádní směřování
4. Vývoj po roce 1989 a využití šance
5. Více rozhodování lidem, méně voleným politikům
6. Korporace vydělávají na úkor ČR
7. Společnost je rozdělená na dva tábory
8. Materialismus – nutnost prosadit vlastní zájmy, důležitost majetku
9. Společnost stojící na autoritě – silný vůdce, přizpůsobení se
10. Nejistota z budoucího vývoje
11. Více žáků na učiliště
12. Nadřazenost vlastní kultury
13. Zájem o politiku a dění okolo sebe
14. Víra v Boha
15. Životní prostředí – klima a ochota se omezit
16. V české společnosti je soulad
17. Rozdělování studentů podle nadání
18. Patriotismus – hrdost na vlastní zemi

2. Vnímání nerovností – rovnostářství, zásluhovost, přerozdělování



Zdroj: Český rozhlas

Téma polarizované společnosti však otevřela až přímá volba prezidenta, poté ji zesílila ekonomická a zejména migrační krize. Vyhrocený styl diskuze, který se stal podstatnou součástí politického boje, vede k zdání, že má jen dvě krajní polohy, a nutně tak vede k polarizaci společnosti (Praha x regiony, bohatí x chudí, vzdělání x nevzdělání, staří x mladí). Podle zmíněného výzkumu nerozděluje českou společnost nic tak, jako téma nerovnosti, vývoj po roce 1989 a směřování do budoucna (včetně migrace a globalizace). Právě problém nerovnosti, migrace a globalizace jsou klíčové otázky, které je nutné řešit na globální úrovni v souvislosti nejen s nastupující automatizací a globalizací, ale i hlubokou environmentální krizí.

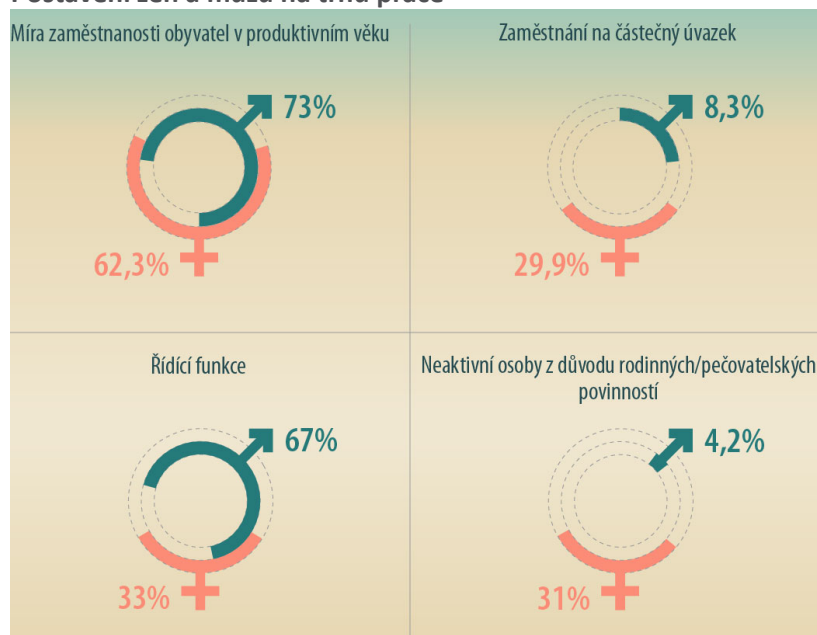
Jedním z problémů české společnosti je také genderová nerovnost, označovaná jako jedno z nejhůře odstranitelných porušování lidských práv naší doby.⁸⁰ V roce 2010 vznikla komise OSN „UN Women“, která pracuje na genderových otázkách, jedním ze 17 [Cílů udržitelného rozvoje](#) OSN je rovnost žen a mužů. Nerovnost pohlaví se snaží řešit také [Evropská unie](#). I přes desetiletí pokroku v odstraňování

⁷⁹ Přitom Česká republika patří k zemím, kde jsou příjmové rozdíly oproti ostatním zemím EU relativně nízké (podle EUROSTATU má 20 % nejchudší populace čtvrtinový příjem jako nejbohatších 20 %). Majetkové rozdíly (dané vlastněním nemovitostí) a rozdíly v kapitálech však ovlivňují postavení v budoucnu.

⁸⁰ Nejkomplexnější a nejprogresivnější dokument OSN v oblasti prosazování rovnosti žen a mužů je [Pekingská deklarace](#), přijatá na 4. Světové konferenci OSN o ženách. Zaměřuje se na odstranění diskriminace a překážek účasti žen ve všech oblastech veřejného i soukromého života a vytyčuje konkrétní cíle zrovnoprávnění žen. Genderová rovnost je pro udržitelný vývoj společnosti nevyhnutelná ve všech aspektech. Od vymýcení všech forem násilí až po rovné příležitosti a rovné odměňování za stejnou práci. Stranou nemůže zůstat ani přístup ke vzdělání, ekonomická samostatnost žen a stejné možnosti seberealizace. Klíčová je participace žen na věcech veřejných a v rozhodovacích procesech.

rozdílů mezi muži a ženami podle [nových zjištění](#) zveřejněných Rozvojovým programem OSN (UNDP) drží nějaký druh zaujatosti vůči ženám 9 z 10 mužů a žen na celém světě.⁸¹ V roce 2019 zařadil UNDP Českou republiku v žebříčku [Gender Inequality Index \(GII\)](#) na 26. pozici (na 1. příčce je Norsko, nejhůře dopadl Niger). Zatímco rozdíl mezi nejnižšími a nejvyššími platy je zde skoro nejmenší v rámci EU, rozdíl v průměrných mzdách žen a mužů je [jedním z nejvyšších](#). Hůře na tom je pouze Estonsko (22,7 %)⁸² a Německo (20,9 %)⁸³. A to i přes to, že vysokoškolské vzdělání má více žen než mužů a Česká republika přijala vhodnou antidiskriminační legislativu. Průměrný hodinový výdělek českých žen je o 20,1 % nižší.⁸⁴ Ve věkové kategorii do 30 let vydělávají ženy o 10 % méně. Potom odcházejí na rodičovskou dovolenou. Dlouhé výpadky žen z práce po narození dětí nejvíce postihují vysokoškolačky, které berou o 30 % nižší mzdy než muži. Tento faktor se promítne i do výše důchodů – ženy v důchodovém věku mají o 18 % nižší penze a jsou třikrát více ohroženy příjmovou chudobou. [Studie EU](#) však ukázala, že v České republice se dá „výdělková propast“ („pay gap“) vysvětlit jen z pětiny, čtyři pětiny představují nevysvětlitelný rozdíl.

Postavení žen a mužů na trhu práce



Zdroj: Eurostat

⁸¹ UNDP zahájilo v roce 2014 globální kampaň [HeForShe](#), jejímž hlavním cílem je podpořit společenskou odpovědnost a iniciativu mužů a chlapců při odstraňování všech forem diskriminace a násilí, páchaném na ženách a dívkách. Genderová rovnost je pro udržitelný vývoj společnosti nevyhnutelná ve všech aspektech. Od vymýcení všech forem násilí, až po rovné příležitosti a rovné odměňování za stejnou práci. Stranou nemůže zůstat ani přístup ke vzdělání, ekonomická samostatnost žen a stejné možnosti seberealizace. Klíčová je participace žen na věcech veřejných a v rozhodovacích procesech.

⁸² Právě tam stát nabízí jeden z nejtědřejších rodičovských příspěvků. Do tří let dítěte dostávají rodiče stejnou částku, jakou pobírali před příchodem potomka na svět. Naopak třeba v Lucemburku nebo Belgii pomáhá stát rodičům jen v prvních měsících. Právě v těchto zemích jsou ale mzdy obou pohlaví téměř vyrovnané.

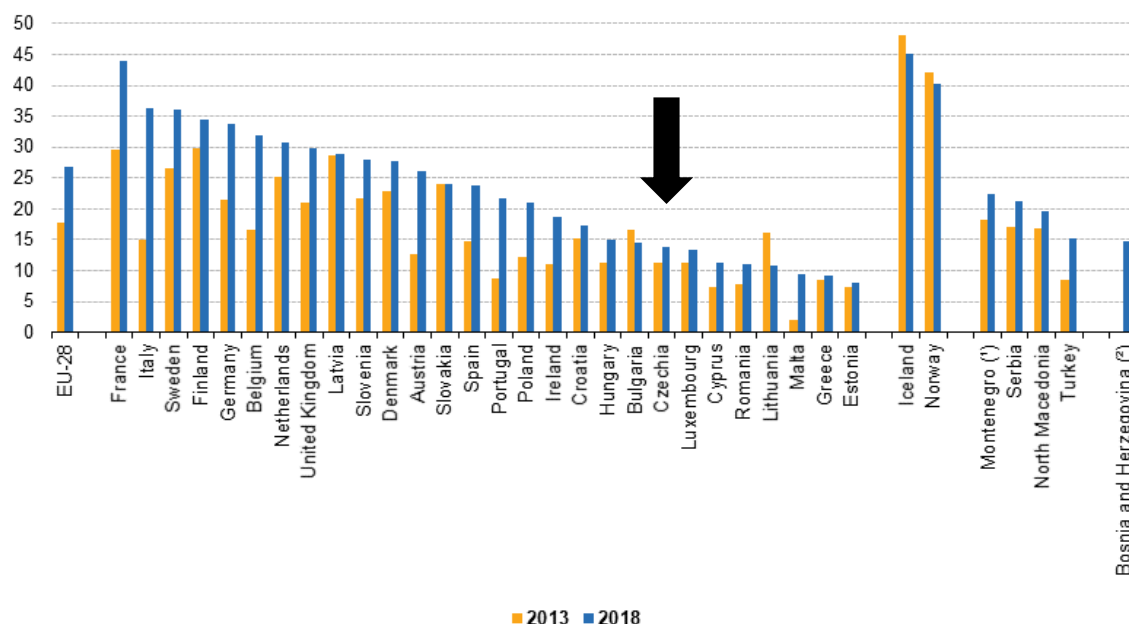
⁸³ Tyto statistiky nejsou jediným ukazatelem postavení žen ve společnosti. Menší rozdíly v odměňování nutně neznamenají větší rovnost žen a mužů. Malé rozdíly platů jsou často v zemích s nižší zaměstnaností žen. Vysoký rozdíl v odměňování může naznačovat, že ženy jsou více zastoupené v hůře placených odvětvích nebo že jich velmi mnoho pracuje na částečný úvazek. Nejmenší rozdíl v odměňování mužů a žen má v EU Rumunsko (3 %).

⁸⁴ Rozdíly [v odměňování žen a mužů rostou s věkem](#) — jsou nižší na začátku kariéry a postupně rostou, i když to neplatí o všech evropských zemích. Rozdíl v odměňování žen a mužů se [liši také v jednotlivých odvětvích](#) a v roce 2017 byl [vyšší v soukromém sektoru než ve veřejném](#) sektoru ve většině zemí EU. Důležitým důvodem rozdílu v odměňování žen a mužů je feminizace špatně placených odvětví a naopak nedostatečné zastoupení žen v dobře placených profesích. Například v roce 2018 bylo v EU v průměru [více mužů než žen z řad vědců a inženýrů](#) — konkrétně 59 % mužů a 41 % žen. Evropské ženy také zastávají pouze 33 % vedoucích pozic. Rozdíly v odměňování žen a mužů znamenají, že ženy jsou ve stáří vystaveny vyššímu riziku chudoby. V roce 2018 pobíraly ženy ve věku nad 65 let důchody, které byly v průměru o [30 % nižší než důchody mužů](#). V České republice je tento rozdíl 13 %.

To, že problém nerovností v odměňování žen a mužů je vnímán českou veřejností jako problém, ukazuje i publikace Sociologického ústavu AV ČR [Genderové nerovnosti v odměňování: problém nás všech](#).⁸⁵ Autorky v ní rozebírají mechanismy reprodukce výdělkové pastí a uvádějí i seznam konkrétních opatření, která by měl udělat stát i soukromý sektor (transparentnost, osvěta, podpora státu, monitoring). Existenci ekonomické nerovnosti a to, že se dlouhodobě nezlepšuje, dokládá i [Zpráva o rovnosti žen a mužů za rok 2019](#), která je zatím poslední uveřejněnou. Stále platí, že ženy nad 55 let jsou proti mužům dvakrát více ohroženy chudobou nebo sociálním vyloučením. Vyšší ohrožení chudobou je i u jiných demografických skupin žen, zejména jde o samoživitelky. Ve zprávě Světového ekonomického fóra [Global Gender Gap Report 2020](#) se Česká republika umístila na 78. místě ze 153 zkoumaných zemí, v rámci EU skončila na 23. místě (hůř skončily Řecko, Malta, Kypr a Maďarsko).⁸⁶ Na předních příčkách žebříčku se stejně jako v minulých letech umístily Island, Norsko, Finsko a Švédsko. Ze studie Sociologického ústavu AV ČR nazvané [Intersekcionalní přístup ke zkoumání nezaměstnanosti](#) z téhož roku vyplývá, že i v době velmi nízké nezaměstnanosti jsou ženy o 40 % víc ohroženy nezaměstnaností než muži. Alarmující je rozdíl zejména u rodičů. Matky mají téměř čtyřikrát vyšší „šanci na nezaměstnanost“ než muži. Existuje i řada dalších genderových problémů, například tradičně slabá účast žen na rozhodování. Zastoupení žen na významnějších pozicích v politice, veřejné a státní správě, byznysu, justici nebo ve veřejnoprávních médiích je dlouhodobě nízká.

Positions held by women in senior management, by country, 2013 and 2018

(% of positions)



Zdroj: Eurostat

Dalším tématem této problematiky je například problém násilí páchaného na ženách (zejména domácího) nebo nízká účast mužů na péči o děti (na rodičovskou dovolenou odchází pouze necelé jedno procento mužů).

Physical and sexual violence to women experienced within 12 months prior to the interview by age group (2012 data)

% of women

The indicator measures the share of women from the age of 15 who answered "yes" when they ... [more](#)

geo	age	From 15 to 74 ye					
		From 15 to 29 ye	From 30 to 39 ye	From 40 to 49 ye	From 50 to 59 ye	60 years or over	
Czechia		8	10	13	8	6	2

Zdroj: Eurostat

⁸⁵ Křížková, A., Marková Volejníčková, R., Vohlídalová, M.: *Genderové nerovnosti v odměňování: problém nás všech*, Sociologický ústav AV ČR, Praha 2018

⁸⁶ Více viz <https://www.weforum.org/reports/gender-gap-2020-report-100-years-pay-equality>.

Jiným závažným problémem české společnosti je velké množství exekucí, a to i přesto, že se posledních několik let počet exekucí každoročně snižuje. V roce 2019 bylo v exekuci 775 tisíc osob (dle [Mapy exekucí](#)), o 6 % méně než v roce 2018. K 11. 11. 2020 bylo dle Exekutorské komory ČR 4 330 351 exekucí.⁸⁷ Nejméně exekucí je v kraji Vysočina, nejvíce pak v Ústeckém kraji. Alarmující je počet [vícečetných exekucí](#). 45 % exekucí nepřekročí částku 10 tisíc korun vymáhané pohledávky. Patří sem například mikropůjčky, dluhy u telefonních operátorů, jízdy načerno v hromadné dopravě nebo menší dluhy za neuhrazené zdravotní pojištění. Velmi problematický je dále způsob vymáhání exekucí, v současné době se čeká na schválení novely exekučního řádu, který by měl upravit proces vymáhání dluhů.

Průměrný počet exekucí

rok	průměrný počet exekucí na osobu
2016	5,3
2017	5,3
2018	5,7
2019	5,77

Zdroj: CEE

Zkušenost s nákupem zboží nebo služeb na úvěr má 60 % Čechů.⁸⁸ Většina z nich (65 %) úvěr v roce 2019 stále splácela. Zhruba 20 % osob se zadlužuje rizikově, jedná se zejména o mladé (18-34 let) a občany s nižším vzděláním, kteří si často berou úvěry od více poskytovatelů. Celkový objem dluhu obyvatel ČR byl ke konci 2. čtvrtletí loňského roku 2,5 bilionu korun, meziročně vzrostl o 130 miliard.⁸⁹ Za rostoucím dluhem obyvatel stojí především úvěry na bydlení. I když se s růstem ekonomiky zvyšují příjmy českých domácností, míra ohrožení příjmovou chudobou se stále týká zhruba 1 milionu obyvatel České republiky. Nejohroženější skupinou jsou samoživitelé s jedním nebo více dětmi.⁹⁰ Stále však patří k zemím, které jsou na tom nejlépe. Nezaměstnanost je dlouhodobě velmi nízká, v lednu 2021 měla ČR podle dat EUROSTATU druhou nejnižší míru nezaměstnanosti v celé EU – 4,3 % (únor 2020 – 3 %, prosinec 2019 – 2 %).

Obecně lze říci, že doba označovaná jako čtvrtá průmyslová revoluce je dobou „bezprecedentních sociálních, kulturních a environmentálních změn“ (OECD, 2018). Každá průmyslová revoluce výrazně ovlivnila chování společnosti. Kromě inovací a technologických změn spojených se čtvrtou průmyslovou revolucí⁹¹ mají na společnost a životní úroveň obyvatel značný vliv environmentální a demografické změny. Od konce 80. let 20. století populace České republiky klesá a stárne,⁹²

⁸⁷ 1. července 2019 spustila Exekutorská komora ČR projekt „Otevřená data o exekucích“. Na webových stránkách <https://statistiky.ekcr.info/statistiky> poskytuje veřejnosti základní data o exekucích.

⁸⁸ Dle [průzkumu](#) agentury SC&C pro Českou bankovní asociaci (ČBA) z února 2019.

⁸⁹ Informace vyplývají z aktuálních údajů Bankovního a Nebankovního registru klientských informací.

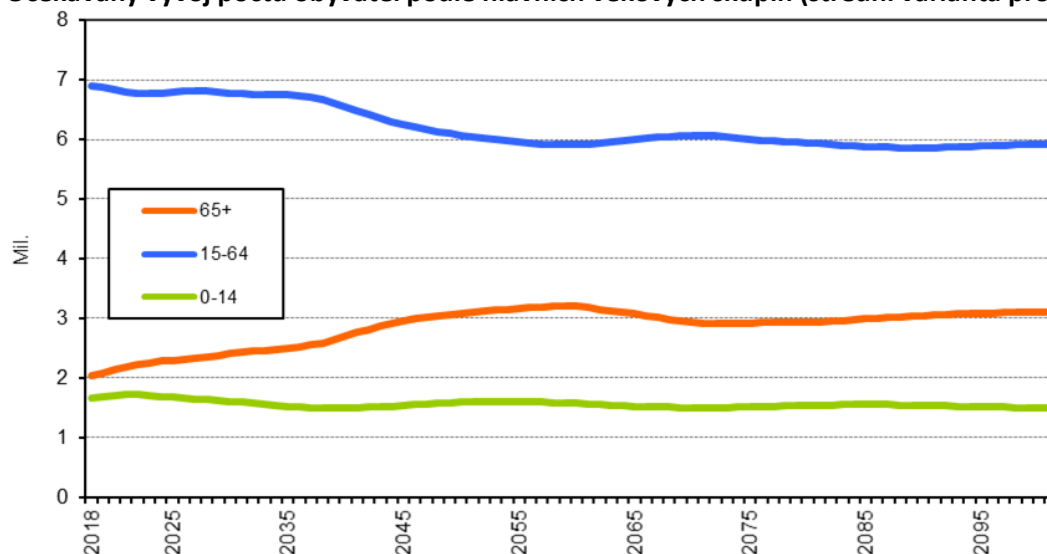
⁹⁰ Týká se lidí, kteří nemají alespoň 60 % mediánu čistého příjmu. U člověka, který žije sám, byla v roce 2020 jako hraniční příjem chudoby stanovená částka ve výši 13 640 korun měsíčně. V případě rodičů s dvěma dětmi do 13 let se jedná o částku do 28 644 korun na domácnost za měsíc. Podrobněji viz <https://www.mecsec.cz/clanky/bezmala-milon-cechu-je-pod-prijmovou-hranici-chudoby-ohrozeni-chudobou-vsak-kleslo/>.

⁹¹ Informatizace společnosti je „proces pronikání informační techniky a technologie do společnosti“. Vytváří velké rozdíly mezi jednotlivci, skupinami i státy, hovoří se o „digital divide“ – „digitální propasti“ (viz [Understanding the Digital Divide](#), OECD, 2001). Digital divide se vztahuje k propasti mezi jedinci, domácnostmi, firmami a geografickými územími na různých socio-ekonomických úrovních s ohledem jak na jejich přístup k informacím a ICT, tak k jejich využívání. Na okraji digitální propasti nestojí pouze ti, kteří nemají přístup k technickým prostředkům, míru rozdělení společnosti také ovlivňuje schopnost využití těchto prostředků, informační gramotnost. Dle https://cs.wikipedia.org/wiki/Informa%C4%8Dn%C3%AD_spole%C4%8Dnost.

⁹² Přestože podle bilance Česká republika získává obyvatele zejména zahraniční migrací (kde převažují osoby ve věku 15–34 let), počet obyvatel produktivního věku má v posledním desetiletí klesající trend. Nejvyšší přírůstky v počtu obyvatel se koncentrují ve věkové skupině 65+. V roce 2018 vzrostl počet seniorů ve věku 65+

kopíruje tak demografické trendy a vývoj v ostatních zemích Evropské unie. Podle prognózy populačního vývoje bude obyvatelstvo stárnout především shora věkové struktury – bude přibývat osob ve vyšším věku a podíl produktivní složky se sníží. Protože se předpokládá, že celkový počet obyvatel zůstane přibližně na dnešní úrovni, budou tak v roce 2050 tvořit více než 30 % populace České republiky lidé starší 65 let.⁹³

Očekávaný vývoj počtu obyvatel podle hlavních věkových skupin (střední varianta projekce)



Zdroj: ČSÚ, 2018

Většina odborníků se shoduje, že stárnutí populace s sebou nese závažný ekonomický problém.⁹⁴ Starší populace redukuje daňovou základnu, snižuje tak průměrný příjem státu na obyvatele a zvyšuje daňovou zátěž. Česká republika stejně jako většina ostatních států financuje náklady na důchody ze současných příspěvků stávajících pracovních sil. Nastane tak brzy problém: buď se podstatně sníží důchody, nebo budou razantně zvýšeny příspěvky. Evropská komise v roce 2019 mimo jiné České republice doporučila kvůli změně demografického prostředí zvýšit věk pro odchod do důchodu.⁹⁵ Úbytkem obyvatel bude poznamenán demografický vývoj v celé Evropě. Některé scénáře však ukazují, že celková pracovní síla se i při úbytku produktivní skupiny obyvatel nutně snižovat nemusí – pokud se míra účasti žen na pracovní síle ve zbytku Evropy přiblíží dnešnímu Švédsku a budoucí pracovní síla bude produktivnější.⁹⁶ Dalším problémem zvyšování průměrné délky života a snižování počtu obyvatel v produktivním věku je nákladnost poskytované zdravotní péče a z ní plynoucí pokles úspor stárnoucí populace, který následně markantně ovlivní trhy.

Kromě ekonomických dopadů může mít stárnutí a úbytek populace v Evropě (stejně jako v dalších společnostech s nízkou porodností) do budoucna významný politický vliv. Navzdory úbytku obyvatel v Evropě počet obyvatel globálně stoupá. [Podle OSN](#) má v roce 2023 překročit počet lidí 8 miliard

o 46,4 tisíce na 2,09 milionu. Na konci roku 2018 tak populaci České republiky tvořily z 15,9 % děti do 15 let, 19,6 % obyvatel bylo ve věku 65 a více let a 64,5 % naplňovaly 15–64 leté osoby. Významně vzrostl počet obyvatel ve věku nad 85 i nad 90 let. Průměrný věk obyvatele ČR se v roce 2018 zvýšil o jednu desetinu roku na 42,3 roku (u mužů na 40,9 let a u žen na 43,7 let). Byl tak o dva roky vyšší než v roce 2008.

⁹³ Lidé sice žijí déle, nežijí však zdravě. Svědčí o to nárůst „nemocí modernity“, které souvisejí s industrializací, jídlem, tím, co lidé dýchají a pijí.

⁹⁴ Ekonomové D. Acemoglu (Massachusetts Institute of Technology) a P. Restrepo (Boston University) ale například tvrdí, že žádný vztah mezi stárnutím populace a zpomalováním růstu HDP na hlavu není. Země, kde rychle stárne populace, podle nich v posledních dekáдах ekonomicky sílí rychleji, za což možná může rychlejší přijímání technologií a automatizace nahrazující pracovní sílu.

⁹⁵ [Council Recommendation on the 2019 National Reform Programme of the Czech Republic and delivering a Council opinion on the 2019 Convergence Programme of the Czech Republic](#), EU Commission 2019.

⁹⁶ Lutz, W.: *Demographic and Human Capital Scenarios for the 21st Century: 2018 assessment for 201 countries: Executive Summary*, Publications Office of the European Union, Luxembourg 2018

a do roku 2050 se už bude blížit 10 miliardám (z toho 2 miliardy lidí starší 60 let). Populační exploze v kombinaci s válečnými konflikty a zejména globální klimatickou změnou zvýší v globalizovaném světě míru migrace. Mnozí autoři upozorňují, že Evropa není izolovaný ostrov a sousedství na jihu Evropské unie tvoří 29 států, které jsou výlučně či převážně muslimské.⁹⁷ Podle oficiálních [prognóz Evropské unie](#) se předpokládá, že do roku 2060 bude mít Evropské unie 507 milionů obyvatel („Medium scenario“), z nichž polovina bude ve věku 50+ a třetina ve věku 65+, a přijme 47 milionů imigrantů (při „Double Migration scenario“ až 90 milionů). Ti bývají výrazně mladší než přijímající populace, jejich porodnost je až trojnásobně vyšší, než je evropský průměr, jsou koncentrováni v segregovaných čtvrtích velkých měst, silně nábožensky orientováni a nevykazují téměř žádné známky asimilace. Výsledky projekce CEPAM⁹⁸ navíc ukazují, že imigrace, přestože ovlivňuje velikost populace, má jen malý dopad na poměr nepracujících osob k pracujícím. Je proto nepravděpodobné, že by rostoucí migrační toky (zejména migrantů s nízkým vzděláním a nízkými vyhlídkami na zapojení do pracovního procesu) zmírnily ekonomické důsledky stárnutí populace. Evropě také chybí jednotný koncept migrační politiky, což může mít v dlouhodobém horizontu velký dopad na její budoucí politický vývoj.⁹⁹

Zdá se, že společnosti ohrožené stárnutím populace může významnou měrou pomoci rozvoj nových technologií a inovace. Důsledná digitalizace a automatizace nepromění pouze oblast průmyslu. Stejně jako v předchozích obdobích označovaných jako průmyslové revoluce, změny způsobené čtvrtou průmyslovou revolucí se dotknou celé společnosti a mají potenciál přinést převratné společenské transformace. Odborníci se rozcházejí v tom, zda budou pro společnost prospěšné či ne. U poměrně velkého procenta autorů převládá pesimistický postoj. Upozorňují na výrazné negativní aspekty nového technologického vývoje. Digitální média podstatně ovlivňují emocionální, sociálně-psychologické a dokonce i eticko-morální postoje svých uživatelů.¹⁰⁰ Všichni odborníci však varují, že v kontextu současného vývoje lze předpokládat, že se bude zvětšovat nerovnost,¹⁰¹ která je už teď jedním z největších problémů dnešní doby.¹⁰² V České republice je nerovnost objektivně (viz report [OECD](#)) jedna z nejnižších na celém světě, i tak už má negativní dopady na společnost.¹⁰³

⁹⁷ Demeny, P.: *Population policy dilemmas in Europe at the dawn of the twenty-first century*. *Population and Development Review* 29, s. 1-28, Smil, V.: *Globální katastrofy a trendy. Příštích padesát let*, Kniha Zlín, Praha 2017

⁹⁸ [Centre of Expertise on Population and Migration](#) je nové výzkumné partnerství mezi [IASA](#) (International Institute for Applied Systems Analysis) a výzkumným střediskem [Joint Research Centre](#) Evropské komise, které poskytuje vědecké poznatky o migraci a demografii na podporu politiky EU.

⁹⁹ Smil, V.: *Globální katastrofy a trendy. Příštích padesát let*, Kniha Zlín, Praha 2017

¹⁰⁰ Lanier, J.: *Komu patří budoucnost? Nejste zákazníkem internetových firem: jste jejich produktem*, ARGO / Do-kořán, Praha 2016; Keen, A.: *Jak opravit budoucnost*, Argo, Praha 2019, Carr, N.: *The Shallows: How the Internet Is Changing the Way We Think, Read and Remember*, Atlantis Books, London 2010

¹⁰¹ Žádná společnost nemůže zaručit faktickou rovnost všem svým členům a řeší problém sociálních nerovností a jejich přijatelné legitimizace. Když se ztratí věrohodné vysvětlení, propukají krize. Kapitalismus ho dosud řešil za cenu kompenzačního masového konzumu a vytváření umělých potřeb, které patří k základním předpokladům fungování tržně orientované výroby. Vytváří se tím nerovnováha mezi růstem populace a její spotřebou a omezeností přírodních zdrojů, která vede k neudržitelnosti současné situace. In: Keller, J.: *Úvod do sociologie*, Sociologické nakladatelství (SLON), Praha 2010.

¹⁰² Sociální nerovnost je princip uspořádání společnosti, kde jednotlivci a skupiny nemají stejný podíl na hmotném bohatství a rozhodování. Pojem nabývá smyslu teprve tehdy, když je považována za sociální problém, tedy s nástupem moderní společnosti. Legitimita tradičních společností byla stavěna na nerovném rozdělení práv a povinností podle pohlaví, příslušnosti ke kastě, privilegií daného stavu apod. V tradiční společnosti byl základním vzorcem nerovnosti: moc – majetek – vyšší moc. V dnešní moderní společnosti se vzorec změnil: majetek – moc – větší majetek. Dle: [Sociologická encyklopedie](#), Sociologický ústav AV ČR, v. v. i.

¹⁰³ Podle [většiny ukazatelů](#) patříme ve světě k nejvíce rovnostářským zemím. Drtivá většina lidí si však myslí, že nerovnosti v České republice představují vážný problém. Zatímco vyšší střední vrstvy byly ochotny vzdát se části svých příjmů ve prospěch ochrany životního prostředí, přistoupit na progresivnější zdanění, aby pomohly ke zmírnění sociálních problémů a snížení nerovnosti, už ochotny nejsou.

Ekonomická nerovnost¹⁰⁴ se vyvíjela už od starověku, v dnešní době dosahuje závažných rozměrů a trendy naznačují, že se situace bude zhoršovat. Dle organizace Oxfam v roce 2010 vlastnilo 388 nejbohatších jedinců stejné jmění jako chudší polovina světové populace, v roce 2014 to bylo 85 osob, v roce 2016 jen 62 osob a v roce 2019 vlastnilo pouze 26 osob stejné bohatství jako nejchudší polovina obyvatelstva planety. V roce 2020 vlastnilo jedno procento nejbohatších více než dvakrát tolik co 6,9 miliard lidí, 60 % světové populace. Podle posledního žebříčku magazínu Forbes je na světě rekordních 2755 dolarových miliardářů, kteří kontrolují majetek ve výši 13,1 bilionu dolarů - ještě v roce 2019 to bylo osm bilionů. [Oxfam](#) dále uvádí, že na této nerovnosti má největší podíl genderová nerovnost (viz [seznam nejbohatších lidí planety](#)), upozorňuje na budoucí environmentální problémy (odhaduje se, že do roku 2025 bude v oblastech bez dostatku vody žít až 2,4 miliardy lidí) či problémy v oblasti péče a vybízí k akci. Nejuznávanější odborník na majetkovou nerovnost, britský ekonom A. B. Atkinson,¹⁰⁵ došel k 15 doporučením, jak se s ní vypořádat, mezi která patří: vyšší zdanění bohatých (vyšší mezní sazby daně z příjmu s nejvyšší sazbou 65 %, progresivní daň z nemovitosti), větší přerozdělování (dědická daň k financování minimálního důchodu, splatného všem občanům po dosažení dospělosti), zaručená úroková sazba z úspor prostřednictvím dluhopisů, zaručené zaměstnávání ve veřejném sektoru s minimální mzdou, větší pravomoci odborů či stanovení minimální mzdy na úroveň dostatečnou základním potřebám.¹⁰⁶ Je dokázáno, že majetková nerovnost má negativní důsledky pro společnost, vede k politické nerovnosti, studie dokládají korelaci mezi nerovností a nárůstem násilí, teroristických činů, zhoršení kvality zdraví, těhotenství náctiletých, obezitou, nedostatkem sociální soudržnosti atd.¹⁰⁷ Atkinson pak píše i o spravedlnosti a motivaci k rovnosti vnitřní. H. Frankfurt, jeden z nejvlivnějších morálních filosofů, tvrdí, že jsme morálně povinni odstranit chudobu a zaměřit se na to, aby měl každý člověk zajištěn slušný život, nestačí jen řešit nerovnost.¹⁰⁸ S nutností sociální reformy systému z industriálních dob dnes souhlasí většina expertů a jako nejsnazší a nejrealističtější řešení vidí zavedení základního nepodmíněného příjmu.¹⁰⁹

Stejně tak jak se zvětšují rozdíly mezi bohatými a chudými, zvětšuje se i propast mezi mladými a starými. Rozdíly mezi generacemi se stále více prohlubují, takže v současnosti svět sdílí několik zásadně odlišných generací. „Neúcta ke stáří“ je ve společnosti novým jevem. Po celou dobu evolučního vývoje člověka bylo přirozené, že starší lidé ovládali společnost a byli přirozenou autoritou. Jejich zkušenosti a znalosti byli cenné. Dnešní doba vlivem technologického sprintu evoluční princip poznání založený na autoritě stáří a zkušenosti ztrácí. Mladá generace¹¹⁰ pozoruje, že

¹⁰⁴ Závažným problémem je skutečnost, že nerovnosti majetkové, které jsou zjevné a mohou být regulovány, např. formou daňového přerozdělování, generují celou řadu nerovností skrytějších, avšak neméně závažných. V případě kulturního kapitálu se jedná o to, že potomci zámožnějších vrstev dědí po svých rodičích nemateriální zvýhodnění. Sociální kapitál zase představuje síť užitečných kontaktů, které přinášejí zisk a zvýhodnění, a přitom nejsou žádným způsobem zdanitelné, což znemožňuje jejich distribuci egalizovat.

¹⁰⁵ V současné době je populární kniha francouzského ekonoma T. Pickettyho *Kapitál 21. století*, ve které konstatuje, že nerovnost je rysem kapitalismu, který lze změnit pouze státním zásahem. Spatřuje v ní jedno z největších nebezpečí současného systému. Pokud nebude reformován, bude ohrožen demokratický systém. Jako nápravný prostředek navrhuje „celosvětovou daň z bohatství“ – zavedení daně z majetku místo daně z příjmu. Volá také po „rozsáhlé intelektuální a politické“ reformě evropských institucí tak, aby země střední a východní Evropy nedoplácely na evropskou integraci. Ta jim přinesla vyšší produktivitu ekonomik a pracovní místa, zisky jsou však z velké části transferovány na západ. Vzniká tak dle něj pocit koloniálních poměrů. Nositel Nobelovy ceny za ekonomii J. Stiglitz [některé závěry](#) knihy označil za mylné, stejně jako D. Acemoglu a A. Robinson ve článku [The Rise and Fall of General Laws of Capitalism](#).

¹⁰⁶ Atkinson, A. B.: *Ekonomika nerovnosti*. BizBooks, Praha 2016

¹⁰⁷ Wilkinson R., Pickettová, K.: *Rovnováha*, Grimmer, Praha 2013, Meierrieke, D., Krieger, T.: [What Causes Terrorism?](#) (June 8, 2009).

¹⁰⁸ Frankfurt, H. G.: *On Inequality*, Princeton University Press, Princeton 2015

¹⁰⁹ Ford, M.: *Roboti nastupují. Automatizace, umělá inteligence a hrozba budoucnosti bez práce*, Rybka Publishers, Praha 2017, Brynjolfsson, E., McAfee, A.: *Druhý věk strojů: Práce, pokrok a prosperita v éře špičkových technologií*, Jan Melvil Publishing, Brno 2015

¹¹⁰ Bývá označována jako „generace Y“ a „generace Z“. Generace Y (1983-1995/1998), „mileniálové“, jedna z početně největších demografických skupin. Mezi charakteristiky této generace patří pokrokovost, idealistický pohled na svět a rovnoprávnost. Mají větší možnosti vzdělávání, jsou proto i kritičtější a cyničtější, vykazují určitou

si poradí v mnoha věcech sama a lépe, protože moderní technologie už natrvalo změnily společnost a jejich znalost stojí na pomyslném žebříčku lidských dovedností nejvýše. Paradigma hodnoty stárí jako nositele zkušenosti v minulosti se tak obrátilo, v prostředí zrychlujících se změn je dnes stárí pro mladou generaci „synonymem křehké bezradnosti“.¹¹¹

Někteří odborníci akcentují ekonomický přínos budoucího vývoje a předpovídají, že exponenciální technický růst povede k dlouhodobému růstu a vyspělé ekonomice přinese větší výběr, hojnost a větší svobodu.¹¹² Jiní ji vidí jako příležitost ke změně. Jako šanci, jak za pomoci moderních technologií transformovat stávající systém na novou demokracii založenou na veřejném jednání a aktivním občanství.¹¹³ Společnost, která vznikne v důsledku rozvoje průmyslu 4.0, nemá být založena pouze na zisku ani na efektivitě v dnešním chápání nebo na konkurenceschopnosti za každou cenu. Půjde o společnost založenou na rovnováze. Mnoho odborníků je opatrnější a vidí jedinečný potenciál současného vývoje, zároveň si však jsou vědomi značných rizik, které s sebou technologický pokrok nese. Už ve své [Zprávě o globální konkurenceschopnosti z roku 2018](#) pro Světové ekonomické fórum autoři popsali obavu, že ekonomické přístupy neslouží lidem a společností dostatečně dobře. Bylo už zmíněno, že jako největší hrozby spojené s pokračováním současného vývoje jsou označovány sociální nerovnost a ekologická neudržitelnost. Tato obava zesílila a ve [Zprávě pro rok 2019](#) je přítomný výrazný imperativ, aby všechny ekonomiky vyvinuly nové inkluzivní a udržitelné cesty k hospodářskému růstu. Autoři ukazují nejslibnější cesty a rozhodnutí, která musí být učiněna na cestě ke třem cílům: růstu, inkluzi a udržitelnosti. Jako důkaz, že mezi hospodářským růstem a sociálními a environmentálními faktory není výlučný vztah, lze předložit prosperující země severní a západní Evropy (Dánsko, Finsko, Švédsko, Holandsko, Švýcarsko), které patří nejen mezi technologicky nejvyspělejší, nejinnovativnější a nejdynamičtější

závislost na stimulaci a udrží svou pozornost jen kratší dobu. Příslušníci generace Y vyrůstali obvykle v prostředí permanentní chvály a ujišťování v tom, jak jsou výjimeční. Z tohoto důvodu jsou více optimističtí a velmi sebevědomí. Vyrůstali v kultuře politických a technologických změn (pád socialismu, nástup internetu), změn se tudíž nebojí a jsou silně flexibilní. Žijí rychle, věnují se politickému aktivismu v rámci nejrůznějších hnutí. Neuznávají tradiční hierarchické uspořádání společnosti, ale nechtějí měnit svět, chtějí se "mít dobře". Jsou první generací s mobilem v ruce, s možností a s chutí cestovat, zábava je pro ně důležitější než práce. Jde o první globalizovanou generaci (z hlediska oblečení, konzumované hudby a filmů, způsobu stravování - fast foody apod.). Často i v dospělosti bydlí u rodičů, raději žijí "na hromádce". Komunikují převážně pomocí mobilů a internetu, na vše mají svůj názor a rádi ho sdělují ostatním. Peníze považují za prostředek, jak si užívat života a klidně se zadlužují, nechtějí dlouhodobě šetřit. Ochotně mění pracovní místa, rádi mění zažité postupy, nechtějí pracovat na úkor svého volného času, koníčku, vztahů s přáteli, odmítají přesčasy i nést riziko. Vyžadují "humanitu zaměstnavatelů" (zkrácené úvazky, flexibilní pracovní dobu, práci z domova, relaxační zóny). Vytrvalost a trpělivost příliš neuznávají, co chtějí, je být za slušné peníze "v pohodě".

Generace Z (po 1995/1998), bývají označovani i jako „iGenerace“ (i = internet/já). Tato generace je multikulturní, její členové jsou/budou technicky vyspělí a vzdělaní. Vyrůstají v blahobytné společnosti s velkou kupní silou. Narodili se v době, kdy je běžné být neustále připojen k internetu a využívat každodenně mobilních zařízení, internet a sociálních sítí. Technologie nevnímají jako nástroje, jsou pro ně přirozenou součástí života a ovlivňují jejich myšlení, chování i způsob učení. Jejich hlavní a mnohdy jedinou zábavou je internet ("on-line generace"). Pejorativně bývá označována i jako „generace nesnesitelných rozmazlenců“, hůře navazují skutečné sociální vazby, oproti tomu na sociálních sítích jsou sebevědomí. Z hlediska rodiny vyrůstají s jedním sourozencem nebo jako jedináčci. Jsou ještě větší individualisty, než předchozí generace Y. Neuznávají stát a státní instituce, tradice, národ. Jsou adaptabilní, schopní se specializovat, neuznávají všeobecný základ a rozhled. Neláká je zaměstnanecká pozice, většina z nich hodná podnikat či obchodovat. Od médií neočekávají zpravodajství, nýbrž zábavu, nechodí příliš do přírody a neznají ji. Přehled generací viz <http://generace.forbes.cz/tabulka/>.

¹¹¹ In: Kartous, B.: *NO FUTURE. Vezeme děti na parním stroji do virtuální reality?*, 65. pole, Praha 2019

¹¹² Brynjolfsson, E., McAfee, A.: *Druhý věk strojů: Práce, pokrok a prosperita v éře špičkových technologií*, Jan Melvil Publishing, Brno 2015

¹¹³ Don Tapscott nazývá digitální ekonomiku „kapitalismem 2.0“. Podle něj v radikálně se měnícím světě není možné udržet funkční současný systém demokracie a kapitalismu. Změní se role vlád, které by se měly stát platformou pro tvorbu služeb a sociální inovace, měly by nastavovat pravidla, řešit rozpory a usnadňovat dialog mezi soukromým sektorem a občanskými organizacemi. In: Tapscott, D., Williams, A. D.: *Wikinomie: Jak masová spolupráce mění svět a obchod*, Fragment, Praha 2010.

ekonomiky na světě, ale poskytují také lepší sociální podmínky a lepší sociální ochranu, jsou soudržnější a udržitelnější.

Tento apel na holistický a kolektivní přístup k řešení globálních problémů reaguje na stav společnosti, která se nachází v etapě označované jako „hypermodernita“¹¹⁴ (G. Lipovetsky), „supermodernita“ (M. Augé), „pozdní modernita“¹¹⁵ (A. Giddens), „reflexivní modernita“¹¹⁶ (U. Beck) či „tekutá modernita“¹¹⁷ (Z. Baumann). I přes rozdílnou terminologii a akcentaci různých úhlů pohledu jednotlivých teoretiků je možné identifikovat jednotící příznaky jimi popisované reality: individualizaci, fragmentarizaci, globalizaci, mobilitu, nejistotu, proměnlivost. V této době už přestávají platit „klasická“ pravidla moderní doby (malá rodina, třída, role pohlaví), jednání se podřizuje možnostem a volbám, jedinec se musí opírat sám o sebe, aniž by měl záruku a jistotu, že jedná správně. Každodenní život se stal mobilním a flexibilním, ale schází mu prvek pevné a trvalé vazby. Kromě roztávání společenských norem je dalším klíčovým rysem doby odštěpování moci od politiky – politika je lokální, moc globální. Nadnárodní charakter ekonomických procesů zpochybňuje stávající právní rámce a normy, zbavuje společnost identity a sociální jistoty. Ústřední dimenzí tekuté modernity je pak dohled.¹¹⁸ Zdokonalení technologií umožňuje dohlížet na dálku v prostoru i v čase, v národních státech¹¹⁹ i v globalizovaném rozsahu.

Population vs installed base in 2015 and 2018		
	2015 Population per camera	2018 Population per camera
China	6.8	4.1
USA	6.9	4.6
Taiwan	7.1	5.5
UK and Eire	8.2	6.5
Singapore	12.8	7.1

Data issued: November 2019
Source: 2019 Informa Tech LLC. © 2019 Informa Tech LLC.

Ti, kteří dnes ovládají mocenské páky, nejsou vidět, spíše než k Orwellovu Velkému bratru či Kafkovým temným mocnostem současná realita referuje k Benthamovu panoptikonu a je

¹¹⁴ Lipovetsky, G.: *Soumrak povinnosti*, Prostor, Praha 1999

¹¹⁵ Giddens, A.: *Důsledky modernity*, Sociologické nakladatelství (SLON), Praha 1998

¹¹⁶ Už od 80. let upozorňuje na rizika modernizace německý sociolog U. Beck. Ve své nejznámější knize *Riziková společnost* popisuje, jak společnost neustále zvyšuje svůj výkon a zatěžuje nadměrně své prostředí a tato kumulace zátěže má důsledky, které se vymykají kontrole (zbrojní průmysl, chemický průmysl, technologie). Produkuje se tak strach a rizika, která nejsou schopná organizace, vzniklé pro produkci a distribuci společenského dobra, nijak kontrolovat a mírnit – a vzniká „společnost nejistoty“, „riziková společnost“. Beck je z národohospodářského hlediska zastáncem stanovení nových priorit. Vzhledem k tomu, že vlivem automatizace již nelze dosáhnout úplné zaměstnanosti, budou státy nuceny garantovat základní příjem, a umožnit tak ve větší míře občansko-společenskou práci. Takovéto řešení bude ovšem uskutečnitelné jen tehdy, podaří-li se na evropské nebo – v optimálním případě – na různých nadnárodních úrovních prosadit jednotné hospodářské a sociální standardy. Jen tehdy bude možné, aby jako protipól nadnárodních koncernů byly vytvořeny nadnárodní státy, jež by kontrolovaly jejich činnost a omezovaly jejich moc. In: Beck, U.: *Riziková společnost. Na cestě k jiné modernitě*, Sociologické nakladatelství (SLON), Praha 2004.

¹¹⁷ Bauman, Z.: *Tekutá modernita*, Mladá fronta, Praha 2002

¹¹⁸ Bauman, Z., Lyon D.: *Tekutý dohled*, Broken Books, Olomouc 2013, Trottier, D.: *Social Media as Surveillance: Rethinking Visibility in a Converging World*, Routledge, London 2018

¹¹⁹ Do krajnosti tento fenomén dovedl vládnoucí režim v Číně. Ten kromě toho, že nainstaloval po celé zemi kamery rozpoznávající obličeje a neustále monitorující pohyb občanů, spustil aplikaci „Poznejte náš velký národ“, kterým pomocí odměňování a trestání v podobě udělování a odebrání kreditů za jejich chování občany hodnotí a ovládá jejich život (např. povoluje či zakazuje cestovat, provádí represe Ujgurů - in: [How China turned a city into a prison](#), New York Times). Zatímco v Číně kamery slouží mocenským praktikám, USA se odvolávají na to, že většina kamer je instalována ke komerčním účelům a nepoužívá technologii rozpoznávání obličejů.

označována jako „post-panoptikon“.¹²⁰ Pod pojmem „dohled“ už není rozuměno pouze prosté monitorování pohybu (všudypřítomné kamery ve veřejném prostoru, tělesné a biometrické skenery na letištích, drony velikosti vážky), ale – a zejména – sledování pohybu v digitálním prostoru, který již ekonomicky přerostl význam světa hmotného.

Nejcennějším platidlem dnešní informační doby jsou data.¹²¹ Moderní spotřebitelská společnost přešla od vynucování ke svádění, od uspokojování potřeb k vytváření potřeb. To je výsledkem zavádění moderních technologií, systematického dohledu na masové úrovni, kdy jsou osobní data ve velkém měřítku klasifikována a kategorizována. Ochota spotřebitelů podílet se na tomto procesu pramení z jejich potřeby nazývané „skopofilia“ (láska k tomu být viděn, neboli zviditelnit neviditelné).¹²² Stejně jako individualizovaný marketing, i sociální média a jejich uživatelé symbioticky živí jeden druhého. Sociální sítě jsou závislé na monitorování uživatelů a na prodeji dat (potažmo reklamě). Ta jsou uživateli sdílěna dobrovolně, protože největším zdrojem existenciální úzkosti člověka není hrozba uvěznění, ale hrozba vyloučení. Základní lidskou potřebou je patřit do nějaké skupiny, k naplnění své „smysluplné“ existence člověk dnešní doby potřebuje společenské uznání, čímž překonává svůj pocit osamění, přehlížení a nedocenění. Obavu z nedostatečnosti využívá spotřební trh a dodává neustále nové a nové nástroje. Úspěch sociálních sítí je tak obrazem stavu člověka a společnosti.¹²³ Členové spotřebitelské společnosti jsou sami spotřebním zbožím, a právě díky tomu, že jsou spotřebním zbožím, stávají se členy společnosti. „Stát se sebou samým“ vystřídalo „udělat sebe sama“, společnost tak dnes nepřipomíná nic jiného než trh.¹²⁴ Zásadního významu nabylo umění manipulace a persvaze – umění přesvědčit člověka, aby změnil své chování nebo postoje (při zachování svobodné volby).¹²⁵ Persvazivní komunikace je dnes všudypřítomná – sbírání,

¹²⁰ Jeremy Bentham (1748-1832), anglický utilitaristický filozof a reformátor, vytvořil koncept budovy, který by umožnil stálý dohled nad jejími obyvateli. Ten převzal Michel Foucault, který termín používá už jako metaforu moderní moci, kdy nad sebou občan cítí neustálý dohled. Moc je výrazně přítomná ve všech sférách společenské existence, od vzdělávacích institucí, přes instituce dohledu a vědecká pracoviště, po intimní sféru života individua. Mocní v dnešní době však už ustupují do anonymity a mohou se kdykoliv ztratit z dosahu, Zygmunt Bauman proto dnešní stadium modernity označuje jako „post-panoptikální“. Nové praktiky dohledu jsou založené na zpracování informací.

¹²¹ Lanier, J.: *Komu patří budoucnost? Nejste zákazníkem internetových firem: jste jejich produktem*, ARGO / Do-kořán, Praha 2016

¹²² Strategii dnešní moderní spotřebitelské společnosti předjímá už Etienne de La Boétie ve své *Rozpravě o dobrovolném otroctví* z roku 1548.

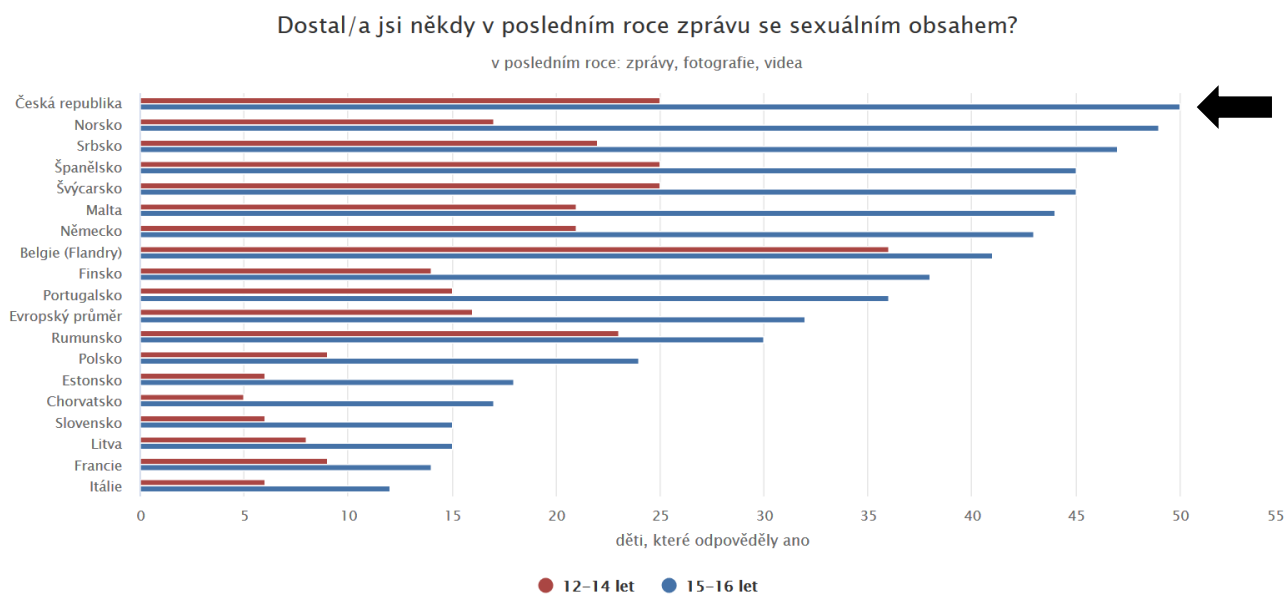
¹²³ Podle [průzkumu z roku 2019](#) bylo v České republice na konci roku 2019 5,3 milionu uživatelů Facebooku. Nejpočetnější skupinou byli uživatelé starší 40 let, následovaní velmi početnou skupinou uživatelů ve věku 19-30 let a skupinou třicátníků. Mládež ve věku 13-18 tvořila pouze malý zlomek uživatelů, Facebook vnímá jako síť svých rodičů a prarodičů. Nejvyužívanější platformou pro rychlou komunikaci byl Facebook Messenger (4 miliony uživatelů), následován WhatsAppem (3,7 milionu). Další populární sociální síť je Instagram (2,3 miliony uživatelů, polovina ve věku 19-30 let), která však už ztratila punc nejprogresivnější aplikace. YouTube využívalo v roce 2019 5,7 milionu uživatelů, tedy více než polovina populace (nejvíce lidé mezi 25 a 34 lety), profesní síť LinkedIn 1,7 milionu, Snapchat 615 tisíc a Twitter 389 tisíc lidí. Nejrychleji rostoucí síť byl TikTok, využívaný hlavně nejmladší generací (29 % je dětí), se kterou jsou právě z tohoto důvodu spojena nejsilnější varování bezpečnostních expertů. V roce 2020 došlo vlivem epidemie a omezení osobních kontaktů meziročně k dalšímu nárůstu času stráveného na sociálních sítích o 16 minut (tj. více než 10% meziroční růst). V průměru tak tráví Češi na sociálních sítích 159 minut denně a více než 46 % všech u nich stráví více než dvě hodiny. Dle <https://www.media-guru.cz/clanky/2021/02/letos-prijde-dalsi-rust-socialnich-siti-i-mobilnich-plateb/>.

¹²⁴ Že jako trh funguje i Facebook, ukazuje D. Miller ve své knize *Tales from Facebook*. Viz Miller, D.: *Tales from Facebook*, Polity Press, Cambridge 2011.

¹²⁵ Zásadní rozdíl mezi manipulací a persvazí spočívá ve svobodě rozhodování. Při manipulaci je jen zdánlivě v rukou adresáta, ve skutečnosti mu nedává na výběr. Při manipulaci s adresátem manipulátor záměrně používá klamná tvrzení nebo zamlčuje informace, které mohou být pro jeho cíl nežádoucí. Gálík, S.: *Psychologie přesvědčování*, Grada Publishing, Praha 2012. Tržní princip dominující dnešní komunikaci rozebírá C. E. Baker v knize *Media, Markets, and Democracy* a hodnotí roli, kterou může vládní regulační pravomoc hrát při zajišťování svobodného a dynamického tisku. Baker, C. E.: *Media, Markets, and Democracy*, Cambridge University Press, Cambridge 2001.

analyzování, vyhodnocování dat a mapování digitální stopy lidí umožňují personalizaci nabízených služeb za účelem persvaze, tvorba postojů a názorů je předmětem marketingu.

Anonymita sociálních sítí nutně vede k mnoha patologickým jevům.¹²⁶ Rizikům virtuálního světa (např. kybergroomingu, kyberšikaně, kyberstalkingu, sextingu) jsou vystavené zejména [děti a mládež](#). Jsou nejvíce ohroženou a manipulovatelnou skupinou, protože dosud nemají plně rozvinuté sociální dovednosti a mají nedostatek životních zkušeností.¹²⁷ Podle [posledních průzkumů](#) tráví tato věková skupina na internetu až tři hodiny denně – za posledních deset let se zdvojnásobil čas, který děti tráví online. Experti nabádají, aby se rodiče snažili omezovat přítomnost dětí online a toto nebezpečí nepodceňovali, své děti hlídali a hlavně poučili. Zároveň apelují na jejich vlastní chování na internetu a sociálních sítích ve vztahu k soukromí (vystavování fotografií, sdělování osobních informací apod.).



Rozmach sociálních sítí má také negativní dopad na úroveň komunikace a společenské diskuse, která upadá. Kyberprostor umožňuje „se servat“, člověk není tlumen tak jako v sociálním kontaktu. Dochází k tomu, že cílem diskuse není konsensus, ale spor, tento jev je označován termínem „dissensus“. Internet je ale zdrojem mnoha dalších rizik. Kromě dětí jsou nejohroženější skupinou, na kterou by měla být také zaměřena prevence, [senioři](#). Ti se nejčastěji stávají oběťmi podvodů¹²⁸ a masově rozšířené manipulace. Její intencí nemusí být vždy přesvědčit ostatní podáním fakticky lživé informace, spíše je vedena tak, aby manipulátor přesvědčil posluchače a dosáhl zamýšleného

¹²⁶ O osvětu a prevenci se v České republice snaží například [E-bezpečí](#), [Bud' safe online](#), projekty firmy Avast a [Centra prevence rizikové virtuální komunikace](#) Pedagogické fakulty Univerzity Palackého, či projekt [E-nebezpečí](#), určený pro učitele. Výzkumem dopadů na společnost se zabývá vědecká platforma [IRTIS](#) (Interdisciplinary Research Team on Internet and Society), viz např. Ševčíková, A. (Ed.): *Děti a dospívající online: Vybraná rizika používání internetu*, Grada Publishing, Praha 2015. O specifických problémech dívek při pohybu v online prostředí viz Lamb, S, Brown, L. M.: *Packaging Girlhood: Rescuing Our Daughters from Marketers' Schemes*, St. Martin's Griffin, New York 2007.

¹²⁷ Na nebezpečí číhající na děti na internetu širokou veřejnost upozorňuje dokument *V síti* (2020) V. Klusáka a B. Chalupové a z něj vycházející kniha *Kdo chytá v síti* (Pecháčková, M.: *Kdo chytá v síti*, BizBooks, Praha 2020).

¹²⁸ Přibližně 60 % uživatelů ve věku na 55 let nepoužívá pro přístup k online službám bezpečné heslo, 19 % z nich si heslo zapisuje na lístečky. Na zprávy o tom, že je k dispozici nový bankovní výpis z účtu, který lze zobrazit po přihlášení na účet, reaguje přibližně 40 % z nich. S přibývajícím věkem pak na tyto druhy zpráv reaguje více uživatelů, např. na zprávy, že je nutné změnit si heslo k účtu, reaguje šestina osob nad 55 let, na zprávy, že je nutné potvrdit změnu zabezpečení přihlášením, reaguje 10 % lidí starších 55 let. Dle: <https://www.e-bezpeci.cz/index.php/ke-stazeni/vyzkumne-zpravy/102-starci-na-netu-2017-2018/file>

efektu.¹²⁹ Vytvářejí se tak narativní struktury, ve kterých se často slévá pravda a lež. Díky globálně propojené síti a moderním technologiím nebylo šíření informací a dezinformací nikdy tak rychlé, snadné a efektivní. Dnešní „postpravdivá“ („postfaktická“) doba je doba, ve které mají fakta menší vliv na utváření veřejného mínění než emoce. Dochází k tomu v důsledku mnoha faktorů, kterými sociální psychologie vysvětluje manipulovatelnost a ovlivnitelnost dnešního člověka. Jednou z neúčinnějších manipulačních strategií je „opakovaná expozice stimulu“.¹³⁰ Když člověk něco opakovaně vidí nebo slyší, začne to pocitově preferovat a důvěřovat tomu, aniž by k tomu měl racionální důvod. Cítění a myšlení ale fungují často odděleně a rozumný člověk může volit určité chování bez jakékoli racionální intence (například při reflexivním úhybu jako reakci na nebezpečí), pouze na základě emoce.¹³¹ Racionální uvažování spotřebovává mnohem více času a energie, reakční doba se prodlužuje, evolučně tak člověk musel někdy volit druhou cestu. Bohužel tento způsob vyhodnocování informací dnes lidé velmi často volí, přestože nejsou existenčně nijak ohroženi. Sdílejí například mnohem více zprávy, které v nich vzbuzují emoce. Toho si jsou velmi dobře vědomi sami manipulátoři, provozovatelé sociálních sítí¹³² a PR agentury, které na tomto konceptu staví PR kampaně. Aby člověk opravdu pochopil určité sdělení, musí zapojit kognitivní složku svého myšlení a pečlivě přezkoumat argumenty. Zahlcenost informacemi, fragmentárnost, povrchnost a rychlost současné doby však důkladné přemýšlení velmi znesnadňují, člověk se proto také často uchyluje k „úsudkové heuristice“ a pomocí jednoduchých pravidel přijme názor bez důkladné analýzy a syntézy.¹³³ Jedinec si někdy utvoří názor také tak, aby zachoval shodu ve skupině, aniž by kriticky zhodnotil fakta sám („syndrom skupinového myšlení“). Různorodější skupiny jsou tak schopny činit lepší rozhodnutí než skupiny homogenní. Podobně hluboce je v člověku zakořeněný princip reciprocity – když nám někdo něco dá, máme pocit, že mu máme něco vrátit. Princip závazku nevyužívají jen obchodníci, ale běžně i politici v předvolebních kampaních. Volby jsou dnes spíše soubojem marketingových kampaní než volebních programů. Dalším charakteristickým příznakem lidského jednání je jev označovaný jako „Thomasův teorém“ (podle amerického sociologa [W. I. Thomase](#)) – když je určitá situace lidmi definovaná jako reálná, stává se reálnou ve svých důsledcích. Z něj pak vychází teorie „sebenaplnujícího se proroctví“, podle které lidé jednají na základě toho, jací se domnívají, že jsou, jejich subjektivní interpretace situací se poté mohou promítnout do reálného života a stát se pro ně samotné skutečnými (pravdivými).¹³⁴ Rizikem tedy nejsou ani tak události samotné, jako spíše jejich interpretace. Aplikuje-li se „Thomasův teorém“ v kombinaci se „sebenaplnujícím proroctvím“ na dnešní vypjatou společenskou debatu, rizika jsou evidentní. Proto

¹²⁹ Americký filozof H. G. Frankfurt ve své esejí *On Bullshit* (1986) takovou řeč, která má přesvědčit bez vztahu ke kategorii pravdy a lži, nazývá „bullshit“ a označuje ji jako největšího nepřítele pravdy. Lháři mají k pravdě vztah, protože se ji snaží skrýt, „bullshittera“ nezajímá, jestli to, co říká, je pravda nebo lež, snaží se pouze přesvědčit ostatní. In: Frankfurt, H. G.: *On Bullshit*, Princeton University Press; Princeton 2009. Frankfurt také atakuje současný skepticismus konceptu dnešní doby jako „doby postpravdy“, ve které důležitost faktické správnosti ustupuje narativu a ve které se jeví jako nemožné nalézt jednu pravdu. Zdůrazňuje, že víra v kategorii pravdy je předpokladem spokojené existence individua i společnosti, protože lidem umožňuje pochopit omezenost reality. In: Frankfurt, H. G.: *On Truth*, Alfred a Knopf Inc, New York 2006.

¹³⁰ Termín zavedl akademický psycholog R. B. [Zajonc](#), který ve svých experimentech vědecky podložil, že homo sapiens je v mnoha případech daleko podobnější ostatním tvorům živočišné říše, než si mnozí myslí.

¹³¹ Zajonc, R. B.: *Feeling and thinking: Preferences need no inferences*. *American Psychologist*, 1980, r. 35, s. 151–175, Le Doux, J. E.: *The Emotional Brain: The Mysterious Underpinnings of Emotional Life*. Simon & Schuster, New York 1998.

¹³² Největším zlem a šířitelem dezinformací nejsou podle odborníků ruské servery a ruské trollí farmy, ale algoritmus sociálních sítí. Facebook byl vytvořen a pracuje jako platforma pro manipulaci s vědomím lidí. Má zájem na tom, aby na jeho aplikaci lidé trávili co nejvíce času, a k tomu jim slouží právě dezinformační obsah, který je mnohdy velmi emotivní a vyvolává úzkost a obavy. To mu zvyšuje takzvaný engagement, což je přímá interakce uživatele s daným serverem a s jeho obsahem.

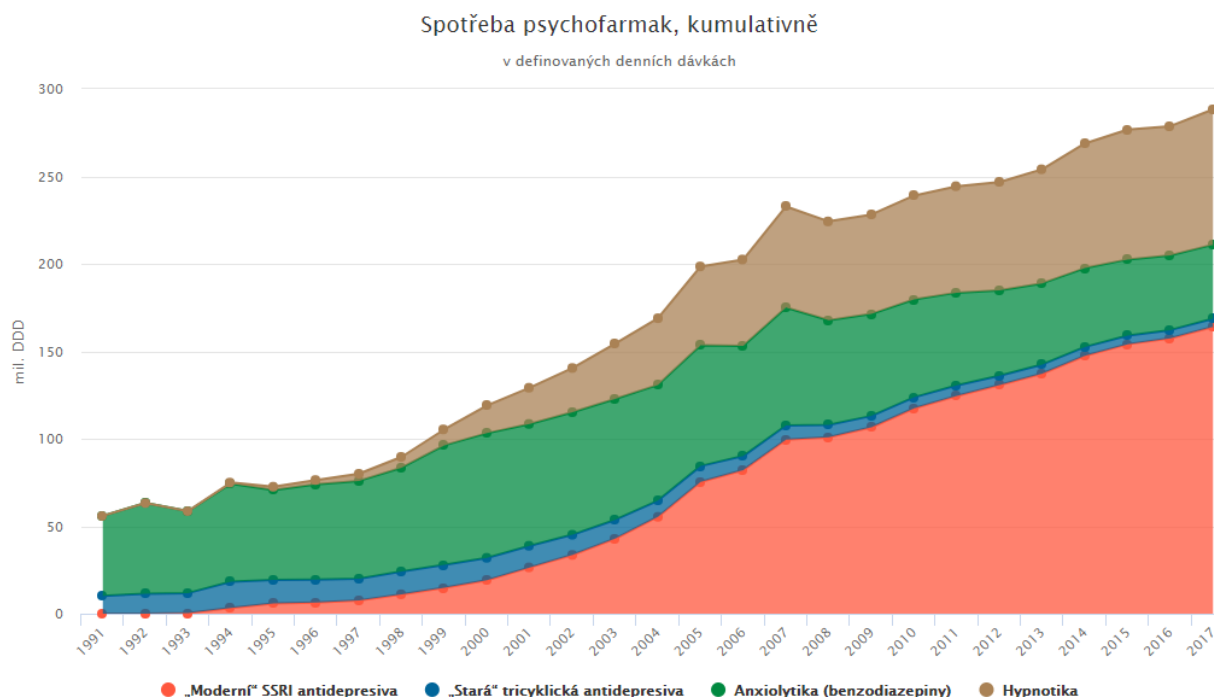
¹³³ Například „výroku uznávaných expertů lze důvěřovat“, „čím delší je sdělení, tím více se mu dá pravděpodobně důvěřovat“, nebo „čím více lidí se sdělením souhlasí, tím větší je pravděpodobnost jeho pravdivosti.“ Tento jev zkoumala americká psycholožka Shelly Chaiken v 80. letech 20. století. In: Chaiken, S.: *Heuristic Versus Systematic Information Processing and the Use of Source Versus Message Cues in Persuasions*, *Journal of Personality and Social Psychology*, 1980, Vol 39, No 5, s. 752-766.

¹³⁴ Merton, R. K.: *Studie ze sociologické teorie*, Sociologické nakladatelství (SLON), Praha 2000

je velmi důležité kritické myšlení a mediální gramotnost, učit uživatele internetových služeb rozlišovat pravdivé a nepravdivé informace, učit s informacemi kriticky pracovat, hledat primární a zdroje informací a upozorňovat na strategie, které autoři nepravdivých zpráv (hoaxů, dezinformací, fake news) využívají.¹³⁵

Etika technického světa je industriální – rychlosti a efektivity, optimalizované výroby a potřeby. Znepokojivá tendence k jevu označovanému jako „adiaforizace“ (proces, během něhož se některé kategorie lidských činností stávají eticky lhostejné) poukazuje na závažný problém současné etiky. Vlivem všudypřítomné relativizace, individualizace a kategorizace je každodenní chování zbavováno morální relevance – jednoznačného vztahu k dobru nebo zlu. Tělesná data jsou sbírána, zpracovávána, spojována s dalšími daty a analyzována (často bez našeho vědomí). Takto vytvořeným „datovým dvojníkem“ je pak přisuzována větší důležitost než osobám samotným, zpracovatelé dat se cítí být morálně neutrální, protože pracují pouze s daty. Distancování, automatizace a jednání na dálku, umožněná špičkovými moderními technologiemi, vede k oprošťování skutků od mravních omezení a odděluje člověka od důsledků svého konání. Člověk je množstvím informací zahlcen, technologie tak převzaly moc je zpracovávat, a v důsledku i rozhodovat. Ale ani ty už někdy nedokáží zpracovat a správně vyhodnotit obrovské množství sesbíraných dat (typicky ve vojenských operacích, kde zabití nevinných lidí je pouze technickou chybou, nikoliv trestným činem).

Důležitým aspektem úspěchu fenoménu sociálních sítí je jejich schopnost udržet přátelství, která by vlivem vysoké míry dnešní mobility slábla. Zároveň umožňují vytvořit takový typ společenství, ve kterém zná každý každého. Sociální sítě využívají poznatků z neurologie a staví na návykovém mechanismu: za „lajk“ dostává uživatel svou dávku dopaminu neboli „hormonu štěstí“.¹³⁶ Jedná se ale o zdánlivé štěstí, užívání sociálních sítí ve skutečnosti koreluje s poklesem spokojenosti a zdraví a s nárůstem úzkosti a depresí (nejpatrnějším zejména u mladé generace).



Zdroj: SÚKL

¹³⁵ Rozkrývání manipulace a osvětě se věnují např. servery <https://manipulatori.cz/>, <https://cesti-elfove.cz>, <https://bezfaulu.net> nebo P. Nutil ve své knize *Média, lži a příliš rychlý mozek. Průvodce postpravdivým světem*, Grada, Praha 2018.

¹³⁶ Při designování sociálních sítí je používán neuromarketing, například při tvorbě programů Facebooku je uživatelům měřena hladina dopaminu, látky v mozku, která stoupá a klesá podle míry slasti, očekávání a uspokojení.

Nárůst psychických problémů ve společnosti¹³⁷ však není zapříčiněn pouze sociální izolací způsobenou digitální formou komunikace. Je to také tlak současné konzumní společnosti na výkon a spotřebu, zmíněný nárůst nerovnosti, pokles fyzické aktivity a samota, způsobená rozkladem kategorie rodiny, rozvodovostí, zvýšením délky života i způsobem života mladých lidí.¹³⁸ Dalším negativním jevem, se kterým se dnešní informační společnost potýká, je „netolismus“ – závislost na tzv. virtuálních drogách (mobilní telefony, sociální sítě, počítačové hry, televize).

Kromě negativních dopadů na sociální a politickou realitu má tedy nástup digitálních technologií vliv i na vlastní biologickou stránku člověka. Neurologové upozorňují na negativní účinky digitálních médií v evolučním i neurobiologickém kontextu. Dle nich nadměrné užívání digitálních technologií mění lidský mozek k horšímu.¹³⁹ Neurobiologie pomocí moderních zobrazovacích technik dokázala, že se používáním mozek neustále mění a učí se. Zatímco tištěná kniha pomáhala soustředit pozornost a vedla k hlubokému a kreativnímu myšlení, internet podporuje rychlý a rozptýlený výběr kusých informací z mnoha zdrojů. Ztrácí se schopnost soustředění,¹⁴⁰ rozjímání, reflexe.¹⁴¹ „Digitální demence“ je výsledkem nevyužívání mozkové kapacity.¹⁴² Z mnoha psychických a sociálních důsledků nadužívání digitálních informačních technologií vědci jmenují například úzkost, roztěkanost, stres, nespavost, nedostatek pohybu, problémy ve vztazích, rozvody, deprese či osamělost.¹⁴³ A protože biologie a kultura, lidská tělesnost a záliby jsou vzájemně úzce propojeny, vzdělání je nejdůležitějším faktorem pro zdraví a zdraví je nejdůležitějším faktorem pro duševní výkonnost. Přední mozek se vyvíjí sportem, hudbou, divadlem, uměním a manuální zručností, odborníci proto nabádají, aby se lidé hýbali, zdravě se stravovali, při plném soustředění poslouchali hudbu, trávili čas v přírodě, s přáteli, usmívali se, byli aktivní a vyhýbali se digitálním médiím.

Klíčem k budoucímu vývoji je vzdělání. Rozvoj nových technologií vytvoří potřebu nových znalostí a dovedností, z nichž mnohé dnes ještě nejsou známy. Odborníci se obecně shodují, že školství by mělo projít zásadní proměnou. Žáci by neměli v rychle se měnícím světě zůstat ve strnulém prostředí školství 20. století, někdy dokonce století 19. Úroveň systému vzdělávání se samozřejmě stát od státu liší. Jeho kvalita není jednoduše měřitelná, žebříčky zemí s nejlepším vzdělávacím systémem se různí, podle toho, jaké ukazatele kdo považuje za klíčové. Lze však vysledovat, že ve většině z nich se objevují na horních příčkách stejné země: státy severní Evropy, Jižní Korea, Kanada, Hongkong, Japonsko, Singapur, Austrálie nebo Čína. Vzorovým příkladem, který je nejčastěji dáván v České republice za příklad, je Finsko. Hlavní rysy finské školy jsou autonomie, inkluze a otevřenost. Stěžejními pojmy vyjadřujícími charakter finského školství, které prošlo koncem 20. století výraznou reformou,¹⁴⁴ je dále důvěra, spolupráce, spravedlivost, sociální kapitál, profesionalita

¹³⁷ Spotřeba psychofarmak vzrostla v České republice během 25 let šestinásobně. Psychiatři však upozorňují, že zvýšená čísla počtu diagnóz jsou dána i osvětou a tím, že se lidé už nebojí nemoc přiznat.

¹³⁸ Třetina českých domácností má jediného člena, v Praze je číslo ještě vyšší.

¹³⁹ Jako nejproblematictější je označován výrazný negativní vliv nadužívání sociálních sítí a digitálních technologií, zejména her, dětí: přestává jim růst IQ, omezuje se jejich slovník, nedokáží řešit problémy. Nedospělí a mentálně zůstanou v umělém plochem světě, který není lidský. Podle některých výzkumů klesá IQ celé lidské populace. Ekonom Tyler Owen ale jako viníka označuje sociální vlivy: menší nároky prostředí na intelektuální schopnosti, zhoršení systémů vzdělávání, nezdravá moderní strava a přechod od čtených informací k audiovizuálním.

¹⁴⁰ Proti roztříštěné pozornosti dětí lze bojovat tím, že je vedeme ke hře na hudební nástroj, četbě, kresbě, pohybu a dalším dlouhodobým a systematickým činnostem.

¹⁴¹ Carr, N.: *The Shallows: How the Internet Is Changing the Way We Think, Read and Remember*, Atlantic Books, London 2010

¹⁴² Spitzer, M.: *Digitální demence*, Host, Brno 2014

¹⁴³ Spitzer, M.: *Kybernemoc! Jak nám digitalizovaný svět ničí zdraví*, Host, Brno 2016

¹⁴⁴ Reforma začala v roce 1968 tím, že se zpřísnil výběr studentů na pedagogických fakultách a změnila se tam výuka. První vlna reformy položila základy hlavní přednosti finského školství – inkluze a spravedlnosti, došlo k vytvoření společné základní školy, bez jakékoliv diferenciací. Druhá reforma se týkala sjednocení dvou směrů vzdělávání, mezi nimiž si žáci po skončení základní školy vybírali: odborného, z něž šlo pokračovat na vybrané vysoké školy, a všeobecného, směřujícího k dalšímu akademickému studiu. Třetí reforma řešila profesionalizaci učitelů a autonomii škol. Při přípravě učitelů se začal klást důraz na učitelskou praxi propojenou s výzkumem, na zlepšování výuky a na vědecky podložené řešení problémů.

učitelů, důraz na individuální přístup k dítěti a kvalifikace založená na kompetencích. Na změnách, které v ustálených cyklech nepřetržitě aplikují, se aktivně podílejí učitelé, kteří mají velkou podporu a pomoc při jejich zavádění do praxe od ředitelů, školských úřadů i ministerstva (Finové nemají instituci inspekce). S nově zvolenými politickými představiteli se systém nemění, stále směřuje k osobnímu růstu a maximálnímu rozvoji talentu a zaměřuje se na dovednosti, které dětem pomohou k prosperitě v životě.¹⁴⁵ V roce 2016 byly definovány nové reformy, které reagují na současný svět a které se nyní zavádějí do praxe.

Vzdělávací systém v České republice je rozložený do tří stupňů – primárního, sekundárního a terciálního vzdělávání. Předškolní vzdělávání¹⁴⁶ zajišťují především mateřské školy (případně přípravné třídy a přípravný stupeň základních škol speciálních). Je velmi důležitým mezníkem v životě dítěte, kvalita zkušenosti má vliv na jeho vývoj, další vzdělání a místo ve společnosti. Vzdělávání v mateřských školách je u nás výhradní doménou žen, muži tvoří méně než jedno procento pedagogických pracovníků mateřských škol. Přesto v posledních letech můžeme pozorovat mírný nárůst počtu učitelů – mužů. Základní vzdělávání je povinné pro všechny děti v České republice, lze ho na prvním i druhém stupni uskutečňovat formou individuálního vzdělávání. Základní vzdělávání¹⁴⁷ má 9 ročníků a člení se na první a druhý stupeň, další možností je přestup na víceleté gymnázium, podmíněný přijímacími zkouškami. U žáků se speciálními vzdělávacími potřebami je možné prodloužit základní vzdělávání na 10 let. Jedním z možných ukazatelů, který vypovídá o kvalitě vzdělávacího systému, je počet žáků na třídu. Česká republika patří k zemím s nejvyšším průměrným počtem žáků ve třídě na jednoho učitele. V roce 2019 připadalo na jednu třídu v průměru 19 žáků, hůř je na tom v EU pouze Rumunsko a Francie. Jazykové kompetence jsou důležitou součástí dnešního vzdělání – přispívají k mobilitě, zaměstnanosti i osobnímu rozvoji. Výuka jazyků ve školách se v posledních letech posunula do nižších ročníků, základní školy musí v souladu se změnou školského zákona už od 3. třídy povinně začít s výukou cizího jazyka. 99,4 % z nich učí angličtinu, s velkým odstupem je

¹⁴⁵ Transformace finského vzdělávání začala už před více než 40 lety jako klíčový bod plánu na ekonomickou obnovu země. Na pozadí byly úvahy o vývoji hospodářství, které viděly lidské zdroje jako klíčové pro moderní ekonomiku (na základě teorie znalostní ekonomiky, zdůrazňující zásadní úlohu vzdělaného obyvatelstva, které umí využít svoje znalosti a dovednosti pro další rozvoj). Finové považují vzdělávání za jeden z nástrojů pro vyvážení sociálních nerovností, vše je pro žáky zdarma: doprava, materiály, učebnice, jídlo, zdravotní péče i psychologická pomoc. Finské školy jsou nezávislé na vládě, jsou spravovány obcí a ředitelé mají velkou pravomoc. Děti začínají chodit do školy v 7 letech, kdy jsou na výuku dostatečně zralé. Kvalitní předškolní vzdělávání děti připravuje zábavnou formou na pozdější výuku. Pedagogické obory patří k nejžádanějším, nejlukrativnějším a nejobtížnějším vysokoškolským oborům. Učitelé svému povolání přisuzují vysokou váhu a berou ho spíše jako poslání. Celá finská společnost na ně pohlíží s uznáním, což jim výuku i spolupráci s rodiči výrazně ulehčuje. Mají také velký prostor k seberozvoji. Vyučování začíná mezi 9.00 a 9.45 a končí už po 14. hodině, mezi hodinami jsou 15 minutové přestávky, které školáci tráví venku, navíc mají nejméně domácích úkolů na světě. Dalším finským trendem je co nejlaskavější přístup učitelů a mírnění stresu. Atmosféra je neformální a uvolněná. Malé dobře vybavené třídy umožňují individuální výuku, klade se velký důraz na vztah žáka a učitele. Děti mají stejného vyučujícího i více než šest let. Mnoho času děti tráví venkovními aktivitami, a to i během zimy. Prvních šest let školní docházky jsou žáci hodnoceni jen slovně a jediný standardizovaný test, kterým musí povinně projít, je na konci střední školy. Ve Finsku je minimum škol soukromých (pouze pro 1,5 % dětí, školy vedené podle jiných pedagogických programů nebo v jiném jazyce), i na ty ale přispívá stát a nemohou vybírat poplatky za školné. Kvalita všech škol je stejná, rodiče proto dají své dítě vždy do školy nejbližší. Zdůrazňují se průřezová témata, hodně předmětů je zaměřeno na gramotnosti, několik klíčových témat je transversálních (například „wellbeing“ – důraz na kvalitu života), dále jsou to témata jako komunikace, sociální či jazykové dovednosti. Viz <https://www.oph.fi/en/statistics-and-publications/publications/finnish-education-nutshell>.

¹⁴⁶ Ve školním roce 2019/20 navštěvovalo mateřské školy 364 909 dětí, předškolní vzdělávání zajišťovalo v České republice 5 304 mateřských škol (91,5 veřejných a 8,5 % soukromých a církevních, jejichž počet roste). Meziroční nárůst dětí byl 1 133. Za posledních 10 let vzrostl počet dětí v mateřských školách o 20 %.

¹⁴⁷ V základním vzdělávání se ve školním roce 2019/20 vzdělávalo 952 946 žáků (4,5 % na gymnáziích a 0,03 % na konzervatořích). Většina základních škol je veřejných, pouze 2,5 % žáků navštěvovalo soukromou základní školu (nejvíce z nich v Praze).

němčina, kterou se učilo v minulém školním roce 19,8 % žáků základních škol.¹⁴⁸ Zvyšuje se podíl i počet osob s dosaženým středoškolským vzděláním s maturitou a vysokoškolským vzděláním, významně klesá podíl i počet osob pouze se základním vzděláním.¹⁴⁹ Na vysokých a vyšších odborných školách ve školním roce 2019/2020 studovalo 289 tisíc studentů, dynamika poklesu se zastavila. V České republice si mohou vybrat ze široké nabídky veřejných či soukromých vysokých škol. Většina studentů (90 %) studuje na některé z 26 veřejných vysokých škol.¹⁵⁰ Hlavní rozdíl je v tom, že vzdělávání na veřejných vysokých školách je bezplatné (výjimkou je studium v cizím jazyce, které je zpoplatněno). Výše školného na soukromých vysokých školách se nejčastěji pohybuje v rozmezí okolo 20-30 tisíc korun za semestr, na některých však i 95 tisíc korun za semestr.

Odborníci už dlouhou dobu volají po reformě českého školství, které se potýká s řadou závažných problémů.¹⁵¹ V posledním šetření PISA¹⁵² v roce 2018 skončila Česká republika sice na 25. místě, OECD ji však v doprovodné [zprávě](#) vyčítá závažné nedostatky, které budou mít dopad nejen na budoucí vývoj školství, ale potažmo celé společnosti. OECD¹⁵³ upozorňuje na nízké investice do školství. Přestože mezi lety 2010 a 2015 vzrostly o sedm procent, v předškolním vzdělávání jsou útraty státu na hlavu jednoho žáka nejnižší mezi všemi zkoumanými zeměmi. Také v základním až vysokém školství jsou jedny z nejnižších. To se promítá do zmíněného palčivého [nedostatku učitelů](#) a nízké atraktivity pedagogické profese.¹⁵⁴ Její platové ohodnocení vůči ostatním zaměstnancům s vysokoškolským vzděláním je na úrovni 60 % oproti průměru EU. Znáмым faktem je, že pro české primární školství je charakteristická výrazná feminizace.¹⁵⁵ Apel na narušení feminizovaného prostředí zní ze všech stran (škol, rodičů, médií, ministerstev, neziskových organizací, odborníků i výzkumníků). Důvodem je poptávka po větší diverzitě (tedy po genderově smíšených kolektivech), po větším počtu mužských vzorů, ale i to, že se více diskutuje o zapojování mužů do péče. V dnešních rodinách navíc často absentuje i vzor otce (převážně z důvodu přetrvávající vysoké rozvodovosti,

¹⁴⁸ Alespoň čtvrtina žáků se učí němčinu v Jihočeském, Karlovarském, Plzeňském a Libereckém kraji. Nejméně se němčina vyučuje na základních školách v Moravskoslezském a Pardubickém kraji. Moravskoslezský kraj naproti tomu vyniká ve výuce ruského jazyka. Ruštinu se tam na základních školách učí více než desetina žáků.

¹⁴⁹ Ve školním roce 2019/20 navštěvovalo střední školy celkem 424 tisíc studentů. Jejich počet i počet středních škol se za posledních 10 let snížil. Silné ročníky dětí, které postupně zvyšovaly počty dětí v mateřských a základních školách, na střední školy teprve nastoupí. Tři čtvrtiny středoškoláků navštěvovalo střední školy s maturitní zkouškou (44 % odborné a 31 % gymnázia), 21 % studovalo na středních školách s výučním listem a 3,5 % nástavbové studium. Zbývající necelé jedno procento najdeme na osmiletých konzervatořích a v oborech bez maturity a výučního listu.

¹⁵⁰ Největší vysoká škola je Karlova univerzita (45,2 tis. studentů), následuje Masarykova univerzita v Brně (30,2 tisíc studentů) a Univerzita Palackého v Olomouci (19,7 tisíc studentů). Ze soukromých vysokých škol jsou nejnavštěvovanější Metropolitní univerzita (3,6 tisíc studentů), Vysoká škola finanční a správní (3,4 tisíc studentů) a AMBIS (Vysoká škola regionálního rozvoje a Bankovní institut - 3,8 tisíc studentů). Ne všechny obory, které se vyučují na veřejných vysokých školách, mohou studenti studovat na soukromých. Například medicínu, architekturu nebo chemii je možné studovat pouze na veřejných vysokých školách. Na soukromých se studují nejčastěji ekonomické, politologické a právnické obory. Kromě studentů s českým státním občanstvím studuje na českých vysokých školách mnoho cizinců. Jejich počet kontinuálně roste, za posledních 10 let se zvýšil téměř o polovinu, každý sedmý student je cizinec. V roce 2019/2020 v ČR studovalo 22 tisíc doktorandů, kteří představovali 7,4 % z celkového počtu vysokoškolských studentů. Počet studentů v doktorském studiu byl nejvyšší v roce 2010, kdy se vyšplhal téměř na 26 tisíc, od té doby jejich počet klesl o 18 %. Dle ČSÚ, viz [Školy a školská zařízení - školní rok 2019/2020](#).

¹⁵¹ Situaci, její příčiny a následky rozebírá např. B. Kartous ve své [TEDx Talk](#).

¹⁵² Mezinárodní šetření PISA (Programme for International Student Assessment), které provádí pravidelně OECD, je považováno za největší a nejdůležitější mezinárodní šetření v oblasti měření výsledků vzdělávání, které v současné době ve světě probíhá.

¹⁵³ [Education at a Glance 2019](#), OECD.

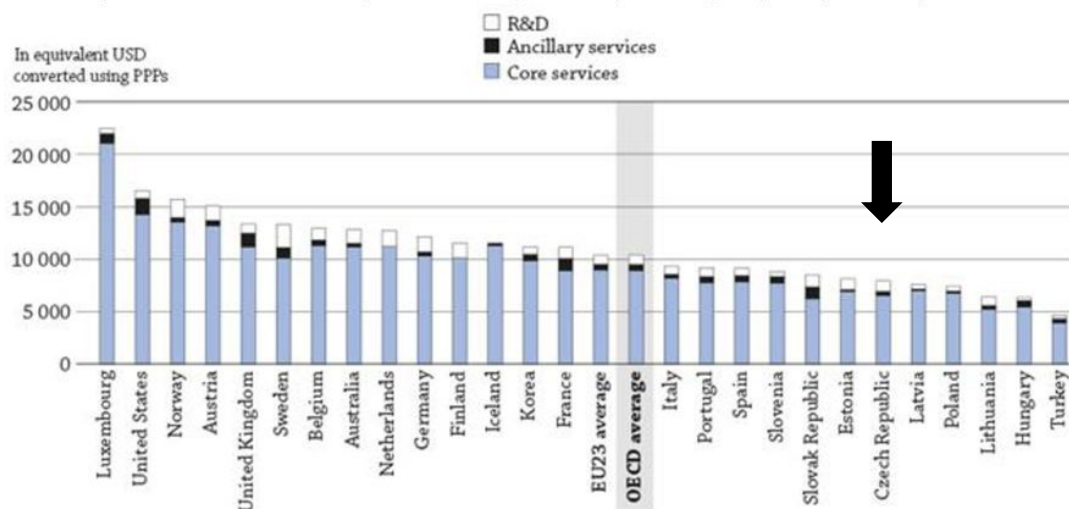
¹⁵⁴ S klesajícím zájmem o učitelství se potýkají téměř všechny státy EU s výjimkou Finska a Irska. Učitelé se potýkají s rychle se měnícími požadavky doby i nereálnými požadavky rodičů. Navíc jsou stále více zavalováni administrativou, což jim bere čas na přípravu.

¹⁵⁵ Feminizace školství je jev, kdy není vyrovnané zastoupení žen a mužů ve školství, což se projevuje nejvýrazněji na nižších vzdělávacích stupních. Podle statistik ČSÚ platí, že čím výše se ve školství pohybujeme, tím více mužů nacházíme. Nejméně mužů je v MŠ (0,5 %) a ZŠ (15,5 % ve školním roce 2015/2016), nejvíce jich učí na VŠ (63 % v tomtéž školním roce). Dle <https://www.czso.cz/csu/czso/3-vzdelani-73ahyrt9w2>.

vysokého počtu matek samoživitelek a vyššího pracovního vytížení otců).¹⁵⁶ Učit jde necelá polovina absolventů pedagogických fakult, více než čtvrtina z nich do pěti let ze školství odchází. Hovoří se také o tom, že kvalita studia není dostatečná. Přitom je dokázané, že odbornost učitelů má stěžejní vliv na žáky, zejména v matematice a přírodních vědách.¹⁵⁷ Vedle platů chybí prostředky ve školství i jinde. V mateřských školách je to především vysoký počet dětí ve třídách, který znemožňuje věnovat dětem větší pozornost, více peněz je třeba také v terciárním sektoru, kam se přesouvá těžiště získávání odbornosti.

Figure 1. Total expenditure on educational institutions per student, by types of service (2015)

In equivalent USD converted using PPPs, based on full-time equivalents, from primary to tertiary education.



Zdroj: OECD

OECD dále upozorňuje na nízkou vzdělanostní a sociální mobilitu, tedy že děti rodičů, kteří neprošli vysokým školstvím, pravděpodobně takového vzdělání ani sami nedosáhnou. Vzdělanostní mobilita je u nás jedna z nejmenších v OECD. V testech PISA je asi ze 40 až 45 % vysvětlena socioekonomickým a kulturním statusem rodiny.¹⁵⁸ Průměr OECD je přitom jen 30 %, v zemích, které se snaží podpořit talent všech dětí – nejen těch nejlepších – i výrazně méně (kromě Finska i Estonsko či Polsko). S tím souvisí i další problém českého vzdělávání – stále častější předčasné odchody ze vzdělávání, až sedm procent mladých končí bez ukončené střední školy.¹⁵⁹ Mezi kraji jsou ve výsledcích žáků velké rozdíly. Nejhorší je mají žáci v Karlovarském a zejména Ústeckém kraji. Podle odborníků za to může nejen horší ekonomická a sociální úroveň, ale i nižší kvalita škol a učitelů. Velký vliv má také [selektivní povaha českého školství](#) (zejména existence výběrových škol a víceletých gymnázií).¹⁶⁰

¹⁵⁶ Nina Fárová ve své studii *Muži do škol? Ano! Ale...: Potřeba mužů v primárním vzdělávání* souhlasí, že genderová diverzita učitelských kolektivů je krokem správným směrem, upozorňuje však zároveň, že narativy spojované s výskytem mužů ve školách („vyšší platy přilákají více mužů“, „potřebujeme více mužských vzorů“, „pouze ženské kolektivy mohou být škodlivé“, „muži mohou nežádoucí situaci napravit“) nejsou podloženy a ve výsledku poškozuje. Je podle ní třeba klást si otázku, jaké mužské vzory hledáme a proč. Reaguje na studie Briana Seiviera a Catherine Ashcraft (2009) s názvem *Be careful what you ask for: Exploring the confusion around the usefulness of the male teacher as male role model discourse*. In: Fárová, Nina. *Muži do škol? Ano! Ale...: Potřeba mužů v primárním vzdělávání*. Gender a výzkum / Gender and Research, 2018, 19.

¹⁵⁷ Viz Coenen, J., Cornelisz I., Groot, W., Maassen van den Brink, H., Van Klaren, Ch.: [Teacher characteristics and their effects on student test scores. A systematic review](#), Journal of Economic Surveys, 2018, Vol 32, 3.

¹⁵⁸ Sociologické studie dokazují, že při reprodukci chudoby jde více o kulturní kapitál než příjem a majetek. Lidé se středním vzděláním a nadprůměrným kulturním kapitálem aspirují na vysokoškolské vzdělání svých dětí výrazně častěji (v 66 %) než středoškoláci s průměrným kulturním kapitálem.

¹⁵⁹ V Ústeckém a Karlovarském kraji je to každý šestý student.

¹⁶⁰ Na základní školu se sice dostane dítě podle spádové oblasti, ale už i to je určitý filtr, protože slabší příjmové kategorie jsou vytlačovány na okraje měst, ti nejslabší pak do vyloučených lokalit. Další selekce probíhá ve druhé třídě (přijímací zkoušky na jazykové základky), následuje odliv na 6 a 8 letá gymnázia. Rozdělení, kdo kam půjde, probíhá spíše podle angažovanosti rodičů a jejich ekonomického statusu. Také přijímací zkoušky negativně

Šance uspět bez ohledu na startovací podmínky vede k vyšší soudržnosti a důvěře, a je tak důležitým prvkem k cestě ke spokojené společnosti. Řešení nelze hledat pouze v péči o vzdělávání, musí jít ruku v ruce s péčí sociální a zdravotní. Civilizaci tlačí nahoru nejschopnější špičky, ale bez podhouby inteligentně a prodemokraticky rozvinuté společnosti k celkovému pokroku nedochází. Školství tak musí umět připravit špičky i většinu (u těch nejslabších jde hlavně o jejich socializaci).

Vzestupný trend alternativních¹⁶¹ a soukromých škol v České republice je důsledkem neuspokojivého stavu státního školství. Odborníci tvrdí, že stále stojí na modelu z dob Rakouska-Uherska. Existuje stále mnoho státních škol, které používají pouze zastaralé výukové metody a odměňují jen žáky, kteří jsou schopni odříkat učivo. Podle státem určených rámcových programů si školy vytvářejí své vlastní (včetně metod, jak učit). Právě zde mají prostor pro inovace. Problémy jsou ale podle znalců nejen v osnovách a množství učiva, ale i ve stylu výuky. Téměř 80 % výuky se i dnes odehrává ve veřejných školách frontální formou, což znamená, že děti hlavně naslouchají přednášejícímu učiteli místo toho, aby se aktivně zapojovaly.¹⁶² Tato metoda vede k neefektivitě a pasivitě žáka, který si vědomosti ukládá do paměti pouze k tomu, aby je pak při zkoušení zopakoval. Dosažení nejlepšího výsledku bývá dosaženo kombinací různých metod a zapojováním moderních aktivit, jako je například badatelsky orientované vzdělávání či tematického vyučování.¹⁶³ Začít učit jinak než frontálně, například více skupinově nebo individuálně, by ale vyžadovalo jinou organizaci výuky a mnohem více učitelů. Většina škol k hodnocení žáků používá pouze systém známkování a zapomíná na sebehodnocení dětí. Mnoho odborníků přitom tvrdí, že odměňování může vnitřní motivaci potlačit. Málo se dbá na to, aby se děti naučily komunikovat, spolupracovat mezi sebou a dávat si věci do souvislostí.

Řešením problémů vzdělávání v České republice¹⁶⁴ tak není jen navýšit finanční prostředky, musí ho provázet i zásadní systémové změny a angažovanost veřejnosti (rodičů).¹⁶⁵ Nejuceleněji jsou formulovány ve strategických dokumentech společnosti EDUin: [Audit vzdělávacího systému](#), [Vzdělávání Především](#) nebo v [doporučeních pro premiéra Andereje Babiše](#).¹⁶⁶ Konkrétně jde

ovlivňují způsob studia. V praxi děti musí trávit mnoho času tím, aby se naučily velké množství informací jenom kvůli tomu, aby složily přijímací zkoušky, jejichž úroveň převyšuje objem znalostí žáků daného ročníku. Na velkou rozdílnost v kvalitě škol upozorňuje i *Analýza výzev vzdělávání v České republice* D. Prokopa a T. Dvořáka v rámci projektu [CHYTRÉ ČESKO](#). Rozdíly podle nich plynou jednak z paralelního fungování běžných základních škol, výběrových škol a víceletých gymnázií a jednak z regionálních rozdílů. Dlouhodobě na to upozorňuje i EDUin.

¹⁶¹ Už na počátku 20. století se začaly objevovat různé reformní pedagogické směry – [montessori](#), [waldorfská pedagogika](#), [daltonský](#) a [jenský plán](#), svobodné školy (po vzoru škol [Summerhill](#) či [Sudbury Valley](#)), později [Lesní školy](#), program [Začít spolu](#), [Zdravá škola](#), Scioškola a další. Podrobně viz Průcha, J. *Alternativní školy a inovace ve vzdělávání*, Portál, Praha 2012.

¹⁶² Z kontrol školní inspekce za poslední tři školní roky vyplývá, že projektové vyučování používali učitelé pouze v necelých 3 % hodin a dovednostně-praktické metody, třeba u výtvarné, hudební činnosti nebo laboratorních cvičení, zhruba ve 20 %. Oproti tomu tradiční výuka převažovala téměř v polovině hodin, a to ve fyzice, chemii, přírodopisu, dějepisu nebo občanské výuce.

¹⁶³ „Phenomen-based teaching“ spočívá v tom, že se žáci nějakou dobu, většinou měsíc, věnují jednomu tématu, v němž se prolíná učivo různých předmětů. Protože jsou využívána reálná témata a problémy ze života, tato výuka dětem přináší komplexnější pohled a propojení znalostí z různých vědních oborů.

¹⁶⁴ Jako samostatná kapitola bývá někdy vydělováno vysoké školství. V nejprestižnějším, nejznámějším a také nejserióznějším světovém žebříčku [U21 Ranking of National Higher Education Systems](#), který srovnává kvalitu celých vysokoškolských systémů 50 zemí světa, se české vysoké školství umístilo na 26. pozici, což se nemusí zdát tak špatné. České vysoké školy ale trpí stejně jako školy ostatní nedostatkem peněz, obrovským podílem neúspěšných studentů, nerovným přístupem ke vzdělání, odtržeností od potřeb praxe, nehospodárností, nekvalitními učiteli a řadou dalších problémů, které se navíc v posledních letech prohlubují. Každá další generace vysokoškoláků se potýká s vlastní snižující se jak odbornou, tak i kulturní úrovní.

¹⁶⁵ „Transformace vzdělávacího systému na všech stupních je klíčovým úkolem, který sehraje zcela zásadní roli jak pro zajištění špičkových vědců a výzkumníků, tak pro zajištění kvalitní a adaptabilní pracovní síly. Na významu ztrácí dílčí znalosti, a naopak nabývají komplexní dovednosti, zejména tzv. dovednosti pro 21. století, spolu s informatickým myšlením.“ In: [Výzkum potenciálu rozvoje umělé inteligence v České republice](#) (2018).

¹⁶⁶ EDUin je nezávislá obecně prospěšná společnost založená roku 2010 T. Feřtkem, Z. Slejškou a L. Slejškovou. Jejím hlavním cílem je, aby veřejnost byla informovanější a schopnější o vzdělávání více přemýšlet a podporovat

o doporučení vytvořit jasnou a hlavně kontinuální politickou strategii, výrazně a dlouhodobě zvyšovat investice do rozpočtu školství, fixovat navýšení platů učitelům na 150 % průměrného platu, snížit formální selekci a dvoukolejnost systému (společná škola co nejdéle, snížit procento dětí do 15 let mimo hlavní proud a přiblížit se tak vyspělým zemím), zavádět formativní hodnocení, podporovat komunitní roli školy, modernizovat střední školství (s důrazem na všeobecnou složku vzdělávání), zredukovat nenaplněné a neekonomické kapacity učilišť a převést je do spádových center odborné přípravy, která budou efektivní, se špičkovým vybavením a kvalitním personálem, v odborné části zavést duální model¹⁶⁷ a zvyšovat poměr modernějších forem výuky, která by měla reflektovat potřebu současné mladé generace i společnosti v rychle se vyvíjejícím technickém světě.¹⁶⁸ B. Kartous z EDUinu strnulost českého systému dává za vinu tomu, že si česká společnost dostatečně neuvědomuje závažnost probíhajících změn ve světě (v kontextu nástupu čtvrté průmyslové revoluce a rozvoje moderních technologií).¹⁶⁹ Odborníci se dále shodují na tom, že velmi vzrůstá význam [celoživotní vzdělávání](#) – neformálního a informálního. Významná část lidského poznání nepochází ze školy, v některých oblastech (například digitální svět) se dokonce lidé vzdělávají převážně jinde. I znalost angličtiny mladých lidí roste mimo jiné s používáním internetu. Je toho tak nutné využít ve školách a podpořit propojení vzdělávacího systému a neformálního vzdělávání. Stále podstatnější roli sehrává mimoškolní technicky orientované vzdělávání, které umožňuje rozvoj specifických zájmů a talentu dětí.¹⁷⁰

Rychlost tempa změn a vznik digitálního prostoru přináší do lidského života úplně novou zkušenost a výzvy, včetně vědomí, že o budoucnosti toho víme velmi málo. Kompetence k učení, „naučit se učit“, jsou předpokladem pro úspěšné zvládání životních i pracovních situací. Klíčové dovednosti 21. století jsou jiné než ve století 20. Představitost, kreativita (myšlení „out of the box“), umění pokládat si otázky, schopnost rozpoznávat vzory v širokém rámci, nalézat nestrukturovaná řešení problémů, schopnost nekomplexnějších forem komunikace (i se stroji), informatické myšlení, to vše jsou dovednosti, které stroje nemají a nemohou v nich nahradit lidský faktor (tedy „soft skills“). Učitelé by měli méně tlačit na výkon, vytvářet méně stresu a místo toho probouzet u studentů zvědavost a nadšení, podporovat chuť experimentovat, pěstovat samostatnost a schopnost vyhledávat informace a kriticky je hodnotit. Důležitá bude mezioborovost, propojování různých oborů, znalostí a dovedností. Místo „vědět“ přebírá „umět“. Je známo, že rozvoj myšlení z pedagogického hlediska není dobré redukovat na osvojování intelektových dovedností („thinking skills“), důležitým aspektem je také stránka sociální, psychologická i filozofická.¹⁷¹ Vzdělání vidí většina odborníků doma i ve světě jako klíč k budoucnosti, která leží v kreativním vývoji nových řešení. Nabádají k tomu, aby se děti učily

jeho proměnu – jak ve škole, tak ve městě či regionu. Propojuje odborníky z různých oborů, kteří se tématu vzdělávání a rozvoji lidských zdrojů věnují a mají podnětné myšlenky, propaguje výsledky výzkumů a studií a seznamujeme s nimi veřejnost. Realizuje mnoho projektů a aktivit s partnery, kteří mají zájem o spolupráci, v přirozených místech, která se mohou stát edu-centry (knihovny, školy, kulturní zařízení, centra vzdělávání apod.).

¹⁶⁷ Zaměstnavatelé by neměli jen klást požadavky, ale měli by se i finančně podílet (jako v Německu).

¹⁶⁸ „Z mikroekonomických dat vyplývá rostoucí důležitost technických odborností (tzv. dovedností STEM - Science, Technology, Engineering and Mathematics) a víceoborovosti. Na významu ztrácí dílčí znalosti a naopak nabývají komplexní dovednosti, zejména tzv. dovednosti pro 21. století, spolu s informatickým myšlením.“ In: [Výzkum potenciálu rozvoje umělé inteligence v České republice \(2018\)](#).

¹⁶⁹ Kartouz, B.: *NO FUTURE. Vezeme děti na parním stroji do virtuální reality?* 65. pole, Praha 2019

¹⁷⁰ Dostál, J.: *Průmysl 4.0 a Společnost 5.0 – výzvy pro změnu (nejen) technického vzdělávání*. Technika a vzdělávání 2017, 6.

¹⁷¹ M. Lipman, zakladatel programu Filozofie pro děti, tvrdil, že k rozvíjení dovedností uvažování pomůže výuka logiky. Faktorem, který významně ovlivňuje kvalitu a výši uplatňování a rozvoje souvisejících intelektových dovedností, je „myslitelské založení“. Jeho víra, že děti mají schopnost abstraktně myslet již od útlého věku, ho vedla k přesvědčení, že včlenění logiky do vzdělávání dětí by jim dříve pomohlo zlepšit jejich dovednosti v uvažování. Také P. Bauman ve své studii z roku 2013 uvádí, že pokud nám nejde o výchovu „dobrých myslitelů“ pouze po stránce formy, ale po stránce obsahu (pokud jde především o dobrého člověka), nemůžeme rozvoj myšlení redukovat pouze na logický nebo epistemologický aspekt, ale musí být rozšířen o aspekty etické, sociální, politické, ekonomické a také o aspekty metafyzické. Dle: Bauman, P.: [Kritické a tvořivé myšlení, není to málo? Rozvoj myšlení ve filozofických, teologických, psychologických a pedagogických souvislostech](#). TF JU, Centrum filozofie pro děti, 2013.

pilně a osvojily si schopnosti a dovednosti, které budou potřeba,¹⁷² politickou reprezentaci pak k reformám vzdělávacích systémů a masivnímu investování do vzdělávání, protože návratnost této investice je jistá.¹⁷³ Nejúspěšnějšími lidmi budoucnosti budou ti, kdo „uniknou z tradičních institucionálních a profesních kategorií“.¹⁷⁴ Je třeba vychovávat technicky zdatné, sebevědomé děti, které budou nacházet příležitosti, budou ochotné riskovat a nebudou se bát neúspěchu. Z profesního hlediska bude vlivem pokročilé globalizace velkou výhodou „multikulturní zběhlost“, mezioborový přístup, výborné geopolitické znalosti (k predikci potenciálu ekonomických trhů) a určitá specializace navíc, co z člověka udělá unikátního a výlučného jedince, prezentační dovednosti, umění řešit problémy, analytické schopnosti a jazyková gramotnost (také v technickém, programovacím jazyce). Roli také může hrát místo narození. Dříve byla výhodným místem narození Evropa a USA, později Brazílie, Čína a Indie, teď má největší potenciál rozvoje subsaharská Afrika, otevírající se politicky, ekonomicky i kulturně.¹⁷⁵

Digitalizace a automatizace neovlivní pouze generaci dnešních dětí a dospívajících. Vývoj nových technologií je rychlý, významná změna pracovního trhu už započala a bude se dále zvětšovat. Mezi lety 2005 a 2016 bylo 40 % nových pracovních míst v digitálním sektoru. Kromě globalizace, automatizace a digitalizace ovlivní pracovní trh i demografické změny, jako je stárnutí obyvatelstva. Zatímco stroje zastanou monotónní úkoly typu pásové výroby nebo konstrukcí, umělá inteligence (AI) nahradí jiné než manuální práce. Ohroženi tak jsou lidé s nižším vzděláním, středoškoláci i vysokoškoláci.¹⁷⁶ *Bílá kniha* Oxfordské univerzity z roku 2013 předpovídá, že v následujících dvou desetiletích bude moderními technologiemi eliminováno 47 % pracovních míst¹⁷⁷ a zpráva společnosti McKinsley & Company z roku 2019 odhaduje, že 50 % lidmi odpracovaného času by mohly převzít automaty a 5 % zaměstnání je možné plně zautomatizovat, stejně jako třetinu dílčích činností zbývajících 60 % zaměstnání.¹⁷⁸ Jiné předpovědi ale tak pesimistické nejsou.¹⁷⁹ Faktem zůstává, že pracovní trh projde zásadní proměnou – dalo by se také říci, že přichází nová dělba práce. Stupeň a rychlost automatizace ale ovlivňuje kromě technické proveditelnosti i cena, dynamika pracovního trhu a regulační a sociální kontext.¹⁸⁰

¹⁷² Brynjolfsson, E., McAfee, A.: *Druhý věk strojů: Práce, pokrok a prosperita v éře špičkových technologií*, Jan Melvil Publishing, Brno 2015,

¹⁷³ Psacharopoulos, G., Patrinos, H. A.: [Returns to Investment in Education: A Decennial Review of the Global Literature](#) (April 11, 2018). World Bank Policy Research Working Paper No. 8402

¹⁷⁴ Tett, G.: *The Silo Effect. The Peril of Expertise and the Promise of Breaking Down Barriers*, Simon & Schuster, New York 2016

¹⁷⁵ Ross, A.: *The Industries of the Future*, Simon & Schuster Paperbacks, New York 2016, s. 43

¹⁷⁶ M. Webb ze Stanfordské Univerzity pomocí své nové metody porovnávání textů popisu pracovních úkonů s texty patentů počítá riziko automatizace daného pracovního úkonu. Ve své studii *The Impact of Artificial Intelligence on the Labor Market* zjišťuje, že na rozdíl od softwarů a robotů je AI zaměřena na vysoce kvalifikované úkoly. Viz Webb, M.: [The Impact of Artificial Intelligence on the Labor Market](#) (November 6, 2019).

¹⁷⁷ Frey, C. B., Osborne, M.: [The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerization?](#), Oxford Martin School, Oxford 2013.

¹⁷⁸ [Jobs lost, jobs gained: workforce transitions in a time of automation](#), 2017, McKinsley & Company

¹⁷⁹ Viz [Workforce of the future. The competing forces shaping 2030](#), PwC. Automatizaci rozdělili analytici PwC do tří vln, z nichž první dvě už se podle nich odehrávají. Jde o vlnu „algoritmickou“, během níž přebírají stroje jednoduché výpočetní úkony a analýzu utříděných statistických dat, a vlnu „zvětšování“ (augmentation), kdy jsou automatizovány opakující se úkony či analýza nestrukturovaných statistických údajů. Poslední vlna „autonomie“ bude podle PwC vážněji přetvářet trh práce až po roce 2030 a mají v ní být nasazeny stroje k řešení dynamických problémů z reálného života, jakým je například řízení automobilu. Analytici PwC se domnívají, že v rámci algoritmické vlny přejdou na automatický provoz pouhých 3 % současných zaměstnání, relativně vyšší je podíl pouze v odvětví finančnictví a pojišťovnictví, informací a komunikace a vědy a techniky. Dramatičtější má být dopad ke konci příští dekády a v první polovině té další, kdy by mohlo postupně zaniknout až 30 % existujících pracovních míst.

¹⁸⁰ V různých regionech a odvětvích přitom bude docházet k nahrazování lidské práce různou rychlostí v závislosti na lokálních podmínkách. Citelnějším dopadům automatizace budou vystaveny regiony s nepříznivější strukturou pracovní síly (zejména Ústecký a Karlovarský kraj), kterým by měla být poskytnuta pomoc pro eliminaci negativ-

Podle studie vypracované v roce 2018 pro Úřad vlády České republiky¹⁸¹ bude v České republice v krátkodobém horizontu možné nahradit polovinu schopností u 11 % povolání, do 15 let lze předpokládat, že AI dokáže nahradit víc než polovinu dovedností u 70 % povolání. Významný podíl na tom bude mít zejména technologický rozvoj v oblasti sensoriky a jemné fyzické motoriky. Z tohoto důvodu lze ve střednědobém horizontu očekávat, že technologie budou schopny nahradit kromě dovedností úředníků, montážních dělníků, uklízečů či administrativních pracovníků i některé řemeslníky a pracovníky v oblasti elektroniky a elektrotechniky. V období s časovým horizontem do 30 let pak lze očekávat, že technologie budou na takové úrovni, aby byly schopny nahradit více než 50 % dovedností v naprosté většině povolání.

Do 5 let	6 – 15 let	16 – 30 let	Nad 30 let
• Optimalizace a plánování • Rozpoznání známých kategorií • Získávání informací • Navigace • Hrubá motorika	• Jemná motorika • Vytváření nových kategorií • Prezentace výsledků • Sensorika	• Mobilita • Interakce a koordinace ve skupině • Tvorba přirozeného jazyka	• Logika a schopnost řešení problémů • Kreativita • Porozumění přirozenému jazyku • Sociální a emoční dovednosti

Zdroj: TC AV ČR

Mezi profese, které budou nejvíce ovlivněny vývojem technologií, jsou zejména profese s vysokým podílem rutinních dovedností v oblasti manuální (obsluha strojů, balení a paletizace, dávkování) i znalostní (počítání, účtování, sběr a zpracování dat, korektura textu a dat, měření fyzikálních veličin, kontrola kvality). Nahrazování může probíhat podle různých scénářů, největší přínos pro ekonomiku přináší „scénář substituce práce a rekvalifikace“, který předpokládá nejen ekonomicky efektivní automatizaci a robotizaci, ale také schopnost lidí přizpůsobit se a rekvalifikovat. Klíčovou výzvou bude řízení přechodu pracovníků v upadajících odvětvích a regionech k novým pracovním příležitostem.

Profese s nejvyšším podílem nahraditelných dovedností v časovém horizontu do 5 let:

- Kvalitáři a testovači výrobků, laboranti (kromě potravin a nápojů)
- Pracovníci pro zpracování textů, písaři
- Odbytoví a přepravní agenti, celní deklaranti
- Úředníci v oblasti účetnictví
- Odborní pracovníci úřadů práce a pracovních agentur
- Pracovníci evidence dat a archivů
- Technici pro lékařské záznamy a informace o zdravotním stavu
- Pokladníci a prodáváči vstupenek a jízdenek
- Úředníci jinde neuvedení
- Pracovníci informačních služeb jinde neuvedení
- Knihovníci

Profese s nejnižším podílem nahraditelných dovedností v časovém horizontu do 5 let:

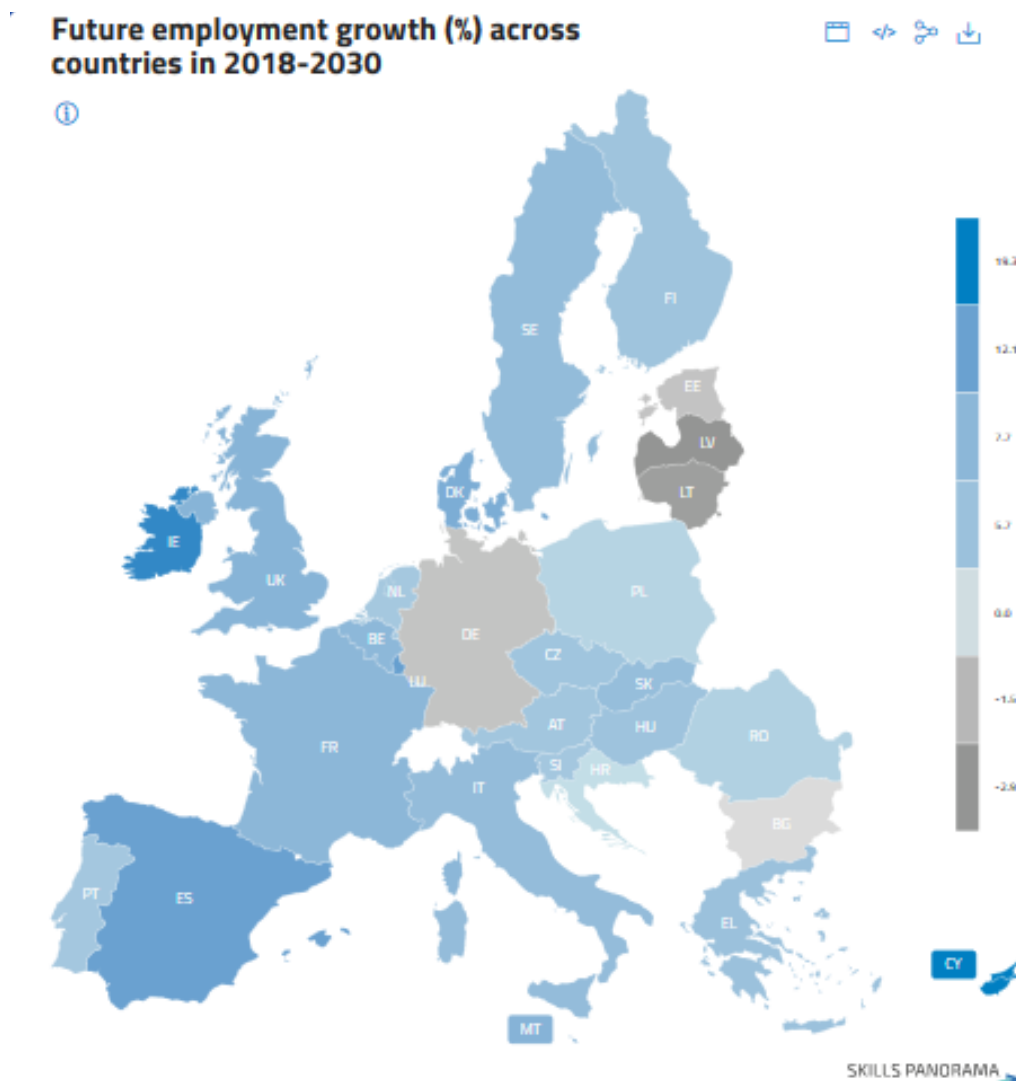
- Zubní lékaři
- Biologové, botanici, zoologové a příbuzní specialisté
- Veterinární lékaři
- Stavební inženýři
- Geologové, geofyzici a příbuzní pracovníci
- Specialisté v oblasti oční optiky a optometrie
- Příslušníci Hasičského záchranného sboru ČR a hasiči ostatních jednotek požární ochrany
- Chemičtí inženýři a specialisté v příbuzných oborech
- Stavební architekti
- Piloti, navigátoři a palubní technici
- Fyzici a astronomové

Zdroj: <https://www.vlada.cz/assets/evropske-zalezitosti/aktualne/AI-technologie-2018.pdf>

ních sociálních dopadů. Ke zmírnění lokální nerovnováhy může přispět také motivace k vyšší mobilitě automatizací postižených pracovníků, resp. i motivace k mobilitě pracovníků s požadovanou kvalifikací směrem do postižených regionů.

¹⁸¹ *Výzkum potenciálu rozvoje umělé inteligence v České republice*. Studii v roce 2018 sestavil tým odborníků z Technologického centra Akademie věd ČR, ČVUT v Praze a Ústavu státu a práva Akademie věd ČR.

Také WEF upozorňuje, že vedle toho, že budou pracovní místa vlivem rozvoje moderních technologií ubývat, budou na druhé straně nová místa vznikat. Odhaduje, že do roku 2022 vznikne 133 milionů nových pracovních míst a změní se 42 % základních dovedností požadovaných pro výkon stávajících pracovních míst. Do roku 2030 bude třeba přeškolit 1 miliardu pracovníků.¹⁸²



Zdroj: EU

Vlivem proměny charakteru práce se v budoucnu sníží potřeba přímého hierarchického řízení, lidé budou více spolupracovat a doplňovat se, aby byli přínosem pro svou firmu. Více činností bude outsourcovaných. Větší specializace a expertíza odborníků povede k tomu, že budou potřební na kratší čas a budou moci svou kapacitu rozdělit mezi více zaměstnavatelů (vizionáři předpokládají, že jich lidé běžně budou mít 6 nebo 7). To, že lidé opustí stabilní zaměstnání na úkor volnějších pracovních vztahů a ztratí sociální jistoty v podobě penze, mateřské nebo nemocenské dovolené, bude na společnost vytvářet tlak. Vláda by proto měla včas najít nové modely podpory a sociálního zajištění, které zaručí stabilní sociální prostředí. Proměnlivost pracovního trhu a nutná adaptabilita zaměstnanců vytváří potřebu efektivního systému pro celoživotní učení, který nabízí příležitosti i pro osoby s nízkou kvalifikací. OECD upozorňuje, že zatímco 60 % vysoce kvalifikovaných zaměstnanců se v současné době dále vzdělává a navštěvuje školení, mezi nekvalifikovanými je to v současné době pouze 20 %.¹⁸³

¹⁸² [We need a global reskilling revolution – here's why](#), World Economy Forum, 2020.

¹⁸³ Viz [OECD Employment Outlook 2019](#), OECD, 2019.

Správná sociální politika je klíčem k tomu, aby společnost přechod do nové etapy zvládla a mohla profitovat z technologického pokroku v podobě lepších pracovních podmínek, benefitů i většího podílu volného času. Že si toho Evropská unie je vědoma, dokládá mimo jiné studie [Future of Work, Future of Society](#)¹⁸⁴ nebo vyhlášení [Evropských pilířů sociálních práv](#) v roce 2017, v němž zavedla 20 zásad a práv nezbytných pro spravedlivé a dobře fungující trhy práce a sociální systémy v 21. století. Je třeba, aby se tyto principy a výzvy implementovaly v praxi v jednotlivých státech. V Evropě mají nejsilnější sociální politiku státy severní Evropy.

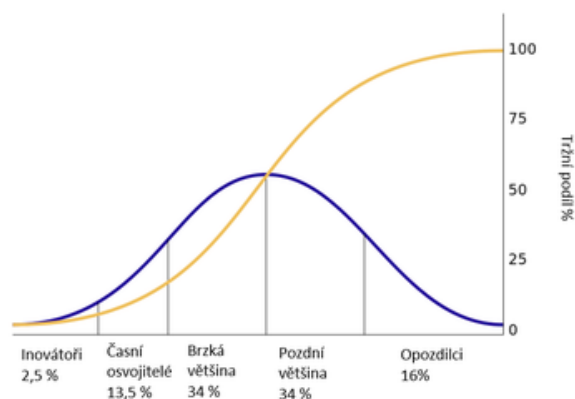
Pesimisté a skeptici varují, že rozvoj technologií, automatizace a digitalizace bude mít nedozírné následky nejen na trhu práce, ale na celou společnost. Mnoho odborníků ale tvrdí, že se se situací lze vyrovnat tak, aby společnost změnami vyšla posílena. Je však nutné udělat opatření a provést kroky k tomu, aby z nastávajících změn měla užitek celá společnost, ne pouze jedno procento nejbohatších: zaměřit se na boj s nerovnostmi, chudobou, reformovat sociální i vzdělávací systém, rozvíjet udržitelné koncepty vývoje a v lidech pěstovat komunitního ducha, humanismus a emoční inteligenci.¹⁸⁵

¹⁸⁴ [Future of Work, Future of Society](#), European Group on Ethics in Science and New Technologies, European Commission, Brusel 2018

¹⁸⁵ Schwab, K: *Shaping the Future of the Fourth Industrial Revolution*, Portfolio Penguin, London 2018

Technologické faktory

S příchodem informační společnosti se klíčovým obchodním artiklem stala data, ústřední roli v životě lidí zaujaly moderní technologie. To, jak dochází k utváření společnosti ve vztahu k moderním technologiím, vysvětlují teorie různě. Marshall McLuhan, říká, že médium je poselství. Forma média (tisk, televizní vysílání, sociální sítě, klasický web) tak má zásadní vliv na obsah, který je prostřednictvím něj šířen. Jsou to tedy technologie, jež vytvářejí nové struktury, kterých využívají lidé. Takto koncipovaný vliv, označovaný jako technologický determinismus, není nikdy jednocestný. Sociální konstrukce technologie oproti tomu říká, že vývoj a používání technologií je obrazem určité společenské potřeby či nálady. Nové společenské struktury nevznikají kvůli technologiím, ale technologie jsou utvářeny podle potřeb lidí. Relevantní jsou oba přístupy, ICT jsou samy o sobě hodnotově neutrální, to, co z nich dělá dobrou nebo špatnou věc, je člověk, který je využívá.¹⁸⁶ Proces osvojování nových technologií a inovací ve společnosti je komplexní proces, který popsal E. M. Rogers ve své „teorii difuze inovací“. Rozděluje lidi ve vztahu k inovacím na inovátory – nadšence (2,5 %), časné osvojitele – vizionáře (13,5 %), ranou většinu – pragmatiky (34 %), pozdní většinu – konzervativce (34 %) a zpozdilce – skeptiky (16 %). Proces šíření inovací pak rozděluje do pěti fází, kterými každý člověk musí projít: znalost (jedinec ví o existenci inovačního produktu a chápe, co přináší), přesvědčení (zaujímá k inovaci nějaký postoj – pozitivní/negativní), rozhodnutí (angažuje se v aktivitách, které vedou k přijetí/odmítnutí inovace), přijetí, zavedení (začíná inovace používat) a potvrzení (zhodnocuje výsledek používání inovace).¹⁸⁷



Zdroj: Wikipedie

Technologie, které vyvolávají ve společnosti významné změny, jsou označovány pojmem „disruptivní inovace“.¹⁸⁸ Jsou to takové inovace, které zásadním způsobem překonávají ty stávající, vytváří zcela nový trh a hodnotovou síť a vytlačují zavedené vedoucí firmy na trhu. Jde o změnu radikální, ne o změnu pozvolnou, evoluční (například e-mail byl disruptivní inovací poštovních dopisů, telefony byly disruptivní inovací telegrafů). Typickou disruptivní technologií byl také vynález parního stroje v 2. polovině 18. století. Nic nemělo na vývoj lidských dějin tak velký vliv jako tento vynález, který

¹⁸⁶ Dle <https://is.muni.cz/do/1492/el/sitmu/law/html/technologie-a-spolecnost.html>.

¹⁸⁷ „Diffusion of innovation theory“ zformuloval E. M. Rogers v roce 1962. Za hlavní elementy šíření technologií považoval 4 faktory – inovaci (myšlenka, kterou můžeme považovat za novou), komunikační kanály, čas a sociální systém. K rozšíření nových technologií či výrobků dochází díky šíření informací různými kanály, a to jen tehdy, jsou-li ve společnosti vhodné podmínky. Konečným výsledkem této difuze je, že lidé, jako součást sociálního systému, přijmou myšlenku, chování nebo produkt jako nový nebo inovativní. Inovace musí být osvojena velkým množstvím lidí, aby mohla obstát. Viz Rogers, E. M.: *Diffusion of Innovations*, The Free Press, New York 1995.

¹⁸⁸ Autorem pojmu je americký profesor C. M. Christensen, který ho použil se svými spolupracovníky poprvé v roce 1995 a poté ve své knize *The Innovator's Dilemma* v roce 1997. Disrupce obecně znamená roztržení, prasknutí nebo rozlomení, disruptivní se obvykle překládá jako převratné. Christensen později nahradil termín „disruptivní technologie“ pojmem „disruptivní inovace“, protože uznal, že jen málo technologií má přirozeně disruptivní charakter. Jde o proces, nový obchodní model, který technologie umožňuje. Termín se stal tak nadužívaným, že se objevují návrhy, aby se nepoužíval. O současných úspěšných disruptivních obchodních modelech viz <https://morethandigital.info/en/9-disruptive-business-models-new-opportunities-for-companies/>.

„ohnul křivku vývoje lidských dějin (populace a společenského rozvoje) skoro o 90 stupňů.“ A protože je duševní síla pro pokrok a rozvoj stejně důležitá jako fyzická, pro lidstvo bude mít stejně velký význam rozvoj moderních technologií.¹⁸⁹ Dnes je slovo „technologie“ nejčastěji spojováno s informační a komunikační technologií (ICT – z anglického „information and communications technology“), která během několika desetiletí přinesla do každodenního života lidí revoluci a vytvořila nástroje, které jim pomáhají být rychlejší, efektivnější a produktivnější. Třetí průmyslová revoluce je nazývána také „digitální revolucí“ a datuje přechod z analogových a mechanických technologií na technologie digitální.¹⁹⁰ Prvně digitalizace pronikla do informatiky, když v 50. letech 20. století definitivně převládly digitální počítače nad analogovými. Další 30 let se vývoj digitálních technologií týkal prakticky pouze oblasti počítačů, aby se nakonec staly každodenní součástí života většiny obyvatel. S trendem mobility pak osobní počítače od konce 20. století postupně nahrazují notebooky a tablety a od 21. století smartphony.¹⁹¹ Vzrůstající trend mobility podporuje kromě velikosti přenosných přístrojů i dnes všudypřítomný internet (také disruptivní inovace). Když v roce 1991 T. Berners-Lee zveřejnil svůj projekt webového prohlížeče, serveru a webové stránky – WWW (World Wide Web), počet počítačů připojených na internet stoupl na milion.¹⁹² V roce 1994 se internet komercializuje a stoupá počet připojených osob: v roce 1996 je to 55 milionů, roku 2010 už 2 miliardy a v lednu roku 2020 je k internetu připojeno 4,54 miliard lidí, 59 % světové populace (do roku 2023 se očekává nárůst na 5,3 miliard, 66% světové populace).¹⁹³ V současné době 62 % uživatelů přistupuje k internetu ze svých mobilních telefonů.¹⁹⁴ Sociální sítě, mobilní aplikace

¹⁸⁹ Brynjolfsson, E., McAfee, A.: *Druhý věk strojů: Práce, pokrok a prosperita v éře špičkových technologií*, Jan Melvil Publishing, Brno 2015. Autoři E. Brynjolfsson a A. McAfee vycházejí z analýzy antropologa I. Morrisse, podle jehož definice se rozvoj lidské společnosti skládá ze čtyř atributů: získávání energie, organizace, schopnosti válčit a informační technologie. Ve své knize *Why the West Rules – For Now* došel k tomu, že Východ byl v roce 2000 vyspělejší pouze v organizaci.

¹⁹⁰ V digitální komunikaci nastal průlom díky možnosti zesílit digitální signál a předat ho dál s nulovou ztrátou informace a paralelně přenášet velké množství na sobě nezávislých digitálních signálů. Stejně významnou byla také jednoduchá přístupnost digitální informace a možnost její vzdálené distribuce a distribuce z média na médium. První digitální počítač, vynalezený J. V. Atanasoffem roku 1939, fungoval na principech binárních výpočtů a Booleovy algebry. Roku 1951 se začal vyrábět první komerčně sériově vyráběný počítač UNIVAC I. Počítače se během 50. a 60. let dostaly do všech státních odvětví (armáda, vláda). Třetí generace počítačů (1965–1980) je charakteristická použitím integrovaných obvodů (tzv. polovodičová elektronika), z nichž nejznámější je IBM 360 (od roku 1965), který znamenal skutečný průlom počítačů do praktického a komerčního využití. Prvním „PC“ je označován Kenbak-1 z roku 1971. Roku 1977 S. Jobs a S. Wozniak představili svůj přelomový Apple II. V roce 1982 vyšel časopis TIME s titulní stránkou „Machine of the year 1982: the Personal Computer“. S rozvojem počítačových sítí koncem 60. let vzniká v USA ARPANET, předchůdce dnešního internetu. Čtvrtou generaci počítačů (od roku 1981) charakterizují mikroprocesory a osobní počítače – PC. Zatím není jisté, jakým směrem se bude vývoj ubírat dál. Experimentuje se s počítači na jiném fyzikálním základu, probíhají pokusy s [fotonovými počítači](#) a na [kvantových počítačích](#) se intenzivně pracuje.

¹⁹¹ Viz [Obituary: the Personal Computer is Dead \(1971-2014\)](#).

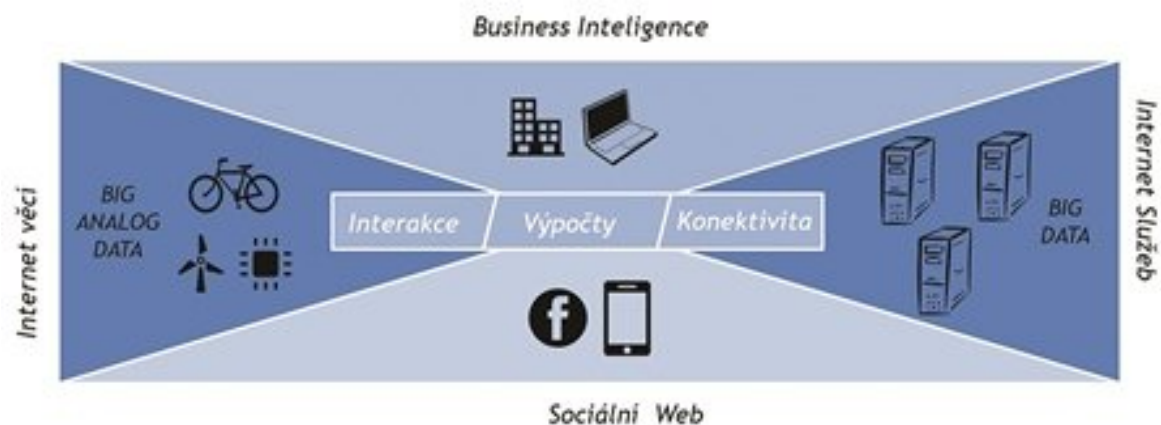
¹⁹² Pojem „internet“ vznikl roku 1987, bylo v něm propojeno 27 000 počítačů. T. Berners-Lee dokončil společně s R. Cailliau v roce 1990 v CERNu funkční verzi HTTP 0.9, jazyk HTML a první prohlížeč (ten byl zároveň webový editor), webový server a webové stránky. CERN se poté na WWW připojil.

¹⁹³ Data pro Českou republiku viz <https://www.czso.cz/csu/czso/informacni-spolecnost-v-cislech-2020>, pro podnikatelskou sféru viz <https://www.czso.cz/documents/10180/90577049/06200519.pdf/1e5277d9-f01c-456f-a182-9e6fd68e7317?version=1.0>.

¹⁹⁴ Rozhlas dosáhl 50 milionů uživatelů během 40 let, televizi stačilo k získání tohoto počtu uživatelů jen 15 let, mobilnímu telefonu pouhé 3 roky. Technologie, která je základem mobilních telefonů (celulární technologie), byla vytvořena v 60. letech 20. století. Motorola vyrobila v roce 1973 první bezdrátový telefon Dynatac, jehož inženýrem byl M. Cooper („otec mobilního telefonu“). Roku 2007 způsobil převrat v oblasti mobilních telefonů iPhone. V době, kdy ostatní výrobci spoléhali na rezistivní displeje, stylus nebo tlačítka, představil S. Jobs iPhone s kapacitním 3,5" displejem, který pracoval na systému iOS. Stal se po celém světě vzorem chytrých telefonů a nastartoval novou éru. V roce 2011 byl představen první mobil s dvoujádrovým procesorem (LG Optimus 2X). K dispozici jsou extrémně rychlé datové přenosy, SMS zprávy nahradily komunikátory fungující na datových přenosech. V roce 2013 se z přenosných komunikátorů staly marketingové přístroje, které mají přístup k nekonečnému množství spotřebitelských dat. Zásadní význam mají mobilní telefony v rozvojových zemích. Pomocí moderních technologií mohou chudé země „přeskočit“ několik etap vývoje. Příkladem je rozvoj telekomunikačního průmyslu v Africe, který jde ruku v ruce s vlnou růstu (ten byl v loňském roce podle Mezinárodního měnového fondu

a smartphony se staly součástí každodenního života lidí do té míry, že někteří futurologové a odborníci v oboru předpovídají, že se v následujících letech mobily stanou „dálkovým ovladačem celého našeho života“, zatímco jiní, že „v budoucnu budou mobilní telefony doslova provozovat naše životy za nás.“¹⁹⁵ Vývoj smartphonů jde velmi rychle dopředu, na trhu už jsou telefony s ohýbacím displejem a je možné, že brzy nastane doba, kdy lidé budou moci psát pomocí myšlenek nebo telefony zcela změnit svou formu.¹⁹⁶

Čtvrtá průmyslová revoluce pak dává automatizaci a digitalizaci nový rozměr. Průmysl 4.0 předpokládá maximální využití „internetu věcí“ (IoT, Internet of Things) a internetu služeb. V „chytrých továrnách“ (smart factories) je na internet napojeno každé výrobní zařízení, výrobek, transportní zařízení či oddělení podniku. Produkty i stroje mají čipy, pomocí nichž je možné je kontrolovat, obsluhovat přes internet a kterými komunikují sami mezi sebou. Dále se využívají cloudová úložiště, 3D tisk, AI, datová centra, automatická hlášení problémů či „chytré sklady“, které samy informují o docházejících zásobách. Tato kombinace inteligentních strojů, softwaru, senzorů a umělé inteligence vytváří nový hodnotový řetězec, označovaný jako „PAL“ – je přizpůsobivý (personalised), automatizovaný (automated) a lokální (local) pro koncového zákazníka. Umělá inteligence a zavedení senzorů v dodavatelském řetězci umožní společností monitorovat systémy a porozumět datům, následkem čehož se budou vyrábět produkty na základě poptávky, nikoli dlouhodobé předpovědi. Přechod na digitální prodejní platformy a algoritmy strojového učení a nové výrobní techniky jako 3D tisk umožní individualizovaný servis a přístup k zákazníkovi. Autonomní vozidla a inteligentní robotika nahradí manuální práci při výrobě, sběru, balení a přepravě, blockchain, automatizace robotických procesů (RPA) a chatboty budou zpracovávat informace a spravovat fyzické a finanční transakce a zákaznickou podporu. Stroje a algoritmy nebudou navíc spravovány lidmi, ale systémy AI, které pomocí analýz stanoví poptávku a přizpůsobí automaticky nabídku. Takováto automatizace umožní výrobcům vyrábět zboží tam, kde jsou zákazníci, ne tam, kde je levná pracovní síla. K podpoře lokálních výrobních závodů se vyvíjí také logistická síť, využívající skladovou robotiku a autonomní způsoby dodání (drony a doručovací roboty), aby uspokojila poptávku zákazníků po rychlém dodání zboží. Kombinace technologií umožňuje automatizaci celého dodavatelského řetězce end-to-end, vzniklé kybernetické systémy propojí celý výrobní proces včetně vývoje a následného servisu.



Zdroj: MM Spektrum, <https://www.mmspektrum.com/clanek/prumysl-4-0-a-ctvrta-prumyslova-revoluce.html>

na pětadvacetiletém maximu). Přispívají k tomu i mnohé další faktory, například výše cen komodit, omezení ozbrojených konfliktů a působení lepších vlád v zemích, jako jsou Keňa a Tanzanie. Na druhou stranu se už na počátku objevily hlasy lékařů a vědců, že používání mobilních telefonů škodí lidskému zdraví. Bývají však přehlášeny mediální vahou předních technologických společností. Viz <https://news.berkeley.edu/2019/07/19/berkeley-talks-joel-moskowitz-cell-phones-electromagnetic-radiation/>.

¹⁹⁵ Dle <https://www.uswitch.com/mobiles/guides/future-of-mobile-phones/>.

¹⁹⁶ Elon Musk založil v roce 2016 společnost Neuralink, která pracuje v oblasti technologie „neurální krajky“. Cílem je implantovat malé elektrody do lidského mozku, aby jim umožnila přímou komunikaci se stroji. Tato technologie také umožní nahrávat a stahovat myšlenky, viz <https://www.businessinsider.com/elon-musk-neuralink-connect-brains-computer-neural-lace-2017-3>.

Tento typ výrobního procesu není pouze teoretickým konstruktem vizionářů, inteligentní továrny už dnes technologičtí leaderi úspěšně provozují a zdá se, většina stávajících výrobců si nutnost zavádění hi-tech uvědomila.¹⁹⁷ Ve [studii IFS](#) z listopadu 2019 40 % výrobců uvedlo, že budou implementovat AI pro plánování zásob a logistiku, 36 % pro plánování výroby a 36 % pro řízení vztahů se zákazníky, 60 % všech respondentů uvedlo, že těmito investicemi chtějí zvýšit produktivitu.

Jak již bylo řečeno, hybnou silou technologického vývoje jsou inovace. Už rakouský ekonom českého původu J. A. Schumpeter (1883-1950) označil inovace za ústřední sílu ekonomické transformace.¹⁹⁸ Považoval za ně pouze první uvedení na trh nového výrobku, suroviny, technologického postupu apod., tedy první materializaci určité myšlenky (invence),¹⁹⁹ všechny další výrobce nazýval imitátory. Typickým předpokladem Schumpeterovy „teorie kreativní destrukce“ je, že velké společnosti investují pouze do inkrementálních (tedy postupných) inovací, zatímco malé, nově vstupující firmy na trh investují do radikálních a nových technologií (tedy disruptivních inovací). To, že to ale neplatí

¹⁹⁷ Siemens, největší německá technologická společnost, provozuje chytrou továrnu [Electronics Works Amberg](#) (Siemens EWA) v Amberku, kde vyrábí programovatelné automaty Simatic, které se uplatňují třeba při řízení lyžařských vleků či řízení výrobních procesů. Systém, který udržuje optimalizaci práce díky sdílení všech procesních situací v reálném čase a kontrole potenciálních chyb, každý den shromáždí více než 50 milionů dat. Veškeré informace analyzují kybernetické fyzikální systémy (CPS) na základě umělé inteligence a velkých dat. Na základě shromážděných informací provádí CPS hypotetickou simulaci, aby určil možnost chyb dříve, než jsou aplikovány, a nastaví proces výroby podle jednotlivých objednávek. Tím je zajištěno zvýšení celkové produktivity (ta je teď osmkrát větší než dříve) a likvidita pro okamžité uspokojení potřeb široké škály spotřebitelů (do 24 hodin od objednávky se výrobek odešle). General Electric (GE) má své [Brilliant Factories](#) po celém světě (Japonsko, Indie, Itálie, Mexiko, USA). Používají zde vlastní cloudový operační systém [Predix](#), který shromažďuje a centrálně ukládá informace o produktech ze 400 továren GE po celém světě. Všechna lze na platformě v reálném čase kdykoli sdílet. Továrny GE nekončí výrobním procesem. Systém nastavuje optimální distribuční proces prostřednictvím velkých dat, automaticky kontroluje stav produktu a informuje zákazníky, umožňuje nepřetržitou správu produktů a strategie řízení zákazníků. Na rozdíl od stávajících inteligentních továren a operačních systémů založených na cloudu v Německu a USA, v Japonsku se zaměřili na jiný typ inteligentní továrny. Vynalezli zde první počítačem řízený stroj (CNC - computer numerical control) a [FANUC](#), jeden ze tří největších světových výrobců robotů, zavedl inteligentní výrobní [systém FIELD](#) (Fanuc Intelligent Edge Link and Drive). Ten je na rozdíl od jiných řešení „edge-heavy“, což umožňuje shromažďovat a zpracovávat data přímo u zdroje v továrně (ne v cloudu), a operátorům tak poskytuje přístup k přesným datům a analytice v reálném čase. Společnost FANUC představila v roce 2019 na Strojírenském veletrhu v Brně své produktové portfolio včetně FIELD systému. Dalším příkladem je společnost Amazon. Nakupování na Amazonu je stále více přizpůsobeno potřebám jednotlivých zákazníků. Systémy AI vytvářejí řadu doporučení založených na předchozích nákupech a doporučení ostatních zákazníků s podobným typem nákupu. Amazon také stále rozšiřuje způsoby, jakými oslovuje zákazníky. Nejinnovativnější z nich je virtuální hlasový asistent Alexa. Pod rouškou chytrého reproduktoru propojují tyto produkty pomocí domácí platformy zákazníky s Amazon online obchodem a webovými službami, za nimiž stojí stále více automatizovaný dodavatelský řetězec end-to-end. Aby Amazon plnil své krátké dodací lhůty, buduje řadu lokálních mikroskladů ve městech s doručením ve stylu Uber. Jedná se však pouze o prozatímní řešení, dokud nenastoupí autonomní elektrické roboty Kiva a další, které již fungují v jeho velkých logistických centrech. V plánu má také létající doručovací roboty i koncept „mateřské lodi“ – autonomních nákladních vozů naložených menšími doručovacími roboty. Má dokonce i patenty na sklady, které se vznášejí nad městskými oblastmi a posílají drony do domů zákazníků. Do inovativních systémů výroby a expedice ale investuje mnoho dalších firem, například Adidas, Whirlpool, HP, Hirotec či Ocado.

¹⁹⁸ Schumpeterovo pojetí inovací se stalo základem pro četná rozpracování a vznik moderních koncepcí v oblasti inovací - dnes ekonomové i mnozí další operují s rozlišováním inovací a invencí, mnohými klasifikacemi inovací, jejich různými řády, životním cyklem, frekvenční hladinou atd. K této problematice podrobněji např. Švejda, P. a kol.: *"Základy inovačního podnikání"*, Praha, Asociace inovačního podnikání ČR 2002 či Hlásný, J. a kol.: *"Technika a technologie"*. Praha, VŠE v Praze 1996.

¹⁹⁹ Z věcného hlediska se inovace v současném statistickém výkaznictví člení na inovace produktové, procesní, marketingové a organizační. Produktová inovace představuje zavedení nového nebo významně vylepšeného výrobku nebo služby, procesní spočívá v zavedení nové nebo významně zlepšené produkce či dodavatelské metody, marketingová inovace zavedení marketingové metody, která nebyla podnikem dříve používána a která je součástí nového marketingového konceptu nebo strategie, a organizační inovace může spočívat v zavedení nové organizační metody, v organizaci pracovního místa nebo v externích vztazích. Čtvrtá průmyslová revoluce způsobuje zásadní inovace ve všech čtyřech oblastech.

vždy, dokázal J. P. Eggers,²⁰⁰ který došel k závěru, že i velké společnosti chtějí investovat do potenciálně radikálních inovací a jsou to podle něj právě etablované společnosti, které často s radikálními inovacemi přicházejí. Podle [studie společnosti Innosight](#) však polovina S&P 500²⁰¹ společností bude v příštím desetiletí vyměněna kvůli organizační netečnosti a nedostatečné dlouhodobé vizi. Společnosti jsou podle studie zaměřeny především na denní operativu a schází jim schopnost přicházet s radikálními inovacemi. To dává příležitost vstupu na trh disruptorům, malým inovativním firmám. Rekordní aktivita v oblasti soukromého kapitálu, robustní trh fúzí a akvizic a růst začínajících podniků s odhadem miliard dolarů jsou vedoucími ukazateli budoucích turbulencí. Vše tak nasvědčuje tomu, že stěžejní úlohu národního hospodářského růstu budou hrát vysoce inovativní, technologicky rozvinuté malé a střední podniky.

Většina současných autorů od myšlenky „Schumpeterovy triády“ (invence – inovace – imitace) ustupuje a za inovace považuje všechny případy, kdy je výrobek nový z pohledu jeho výrobce. Inovace se ale ani v dnešní době, kdy jsou technologie téměř až uctívány, neprosazují jednoduše. Ve skutečnosti jsou problémy s prosazováním nových technologií pravidlem a jejich historie je lemována případy, kdy byla technologie veřejností zavržena.²⁰² Lidé se nebojí nových technologií, protože jsou nové. Odpor obvykle primárně vzniká v zavedených průmyslových odvětvích a sociálních rádech, které se cítí ohroženy. Exponenciální technologické pokroky vyvolávají v lidech kromě naděje i strach, což vede ve veřejné diskuzi ke kontroverzi. Mnoho debat o nových technologiích je dnes vedeno v souvislosti s riziky narušení morálních hodnot, lidského zdraví a bezpečnosti k životnímu prostředí. Za těmito legitimními obavami však často leží hlubší, ale neuznané, socioekonomické úvahy. Podstatou tohoto napětí je obava, že přínos nových technologií je určen pouze malým skupinám společnosti, zatímco rizika nesou všichni. Společnosti, které vykazují velké hospodářské a politické nerovnosti, proto s větší pravděpodobností zažijí zvýšené technologické spory. Podobně problematické bývají inovace, jejichž užitek lze očekávat v delším časovém horizontu, ale případné negativní dopady pocítí obyvatelé hned. Také inovace, které ohrožují kulturní identitu, mají tendenci vyvolávat intenzivní sociální obavy. Inovace tak nejsou otázkou technologie a ekonomiky, ale spíše společenskou výzvou. Jedním z největších politických úkolů současné doby je balancovat napětí mezi dnešní silnou potřebou inovací a tlakem na zachování kontinuity, sociálního pořádku a stability.²⁰³

Shumpeterovu teorii vzniku inovace jako činnosti usouvztažňující upatnění na trhu a profit (s nutností implementace), atakuje americký ekonom Eric von Hippel, který upozorňuje na vzrůstající trend demokratizace a zdůrazňuje významnou úlohu uživatelů na vylepšení produktů.²⁰⁴ Tito inovující uživatelé (jednotlivci i firmy) svobodně sdílejí své inovace zdarma s ostatními a vytvářejí početné komunity. Trend směrem k demokratizované inovaci lze vysledovat v ICT (zejména v softwaru s otevřeným zdrojovým kódem), ale i v materiálních výrobcích. Dnes utratí za inovace desítky milionů spotřebitelů desítky miliard dolarů ročně. Protože jsou volné inovace vyvíjeny o volném čase a „rozdávány“ spíše než prodávány, zůstával jejich kolektivní dopad a hodnota až donedávna skryté.

²⁰⁰ Eggers, J. P., Kaul, A.: [Motivation and Ability in Incumbents Pursuit of Radical Technologies: The Effect of Performance Above and Below Aspiration in Multi-Technology Firms](#). SSRN Electronic Journal, 2016

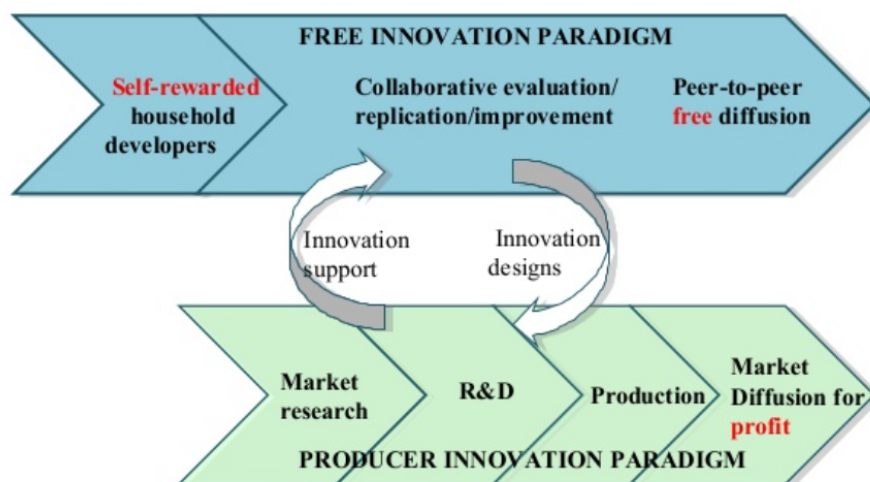
²⁰¹ S&P 500 (Standard & Poor's 500) je akciový index, zahrnující akcie 500 největších na burze obchodovaných podniků v USA. Akcie jsou váženy podle tržního podílu.

²⁰² Příkladem různého osudu technologií je rychlé prosazení mobilních telefonů (i přes varování o jejich možném rakovinotvorném působení), ale omezení genetické úpravy rostlin (ve stejném roce). Viz Juma, C.: *Innovation and its enemies. Why people Resist New Technologies*. Oxford University Press, New York 2016.

²⁰³ C. Juma nastiňuje koncepci inkluzivní inovace a doporučení v oblasti vzdělávání, která napomáhají širšímu porozumění vědeckého hodnocení rizik. Viz Juma, C.: *Innovation and its enemies. Why people Resist New Technologies*. Oxford University Press, New York 2016.

²⁰⁴ Z jeho šetření vyplývá, že nezanedbatelné procento uživatelů se zabývá vývojem nebo úpravou produktů. Inovace uživatelů má pozitivní dopad na sociální blahobyt a von Hippel navrhuje, aby vládní politiky, včetně dotací na výzkum a vývoj a daňových úvěrů, byly upraveny tak, aby se předešlo předsudkům proti němu. In: Von Hippel, E.: *Democratizing Innovation*, The MIT Press, Massachusetts 2005. Von Hippelův koncept připomíná wikipedistický koncept D. Tapscotta, založený na novém typu spolupráce s principy otevřenosti, rovnocennosti, sdílení a „jednání v rámci celého světa“ In: Tapscott, D., Williams, A. D.: *Wikinomie: Jak masová spolupráce mění svět a obchod*, Fragment, Praha 2010.

Eric von Hippel tvrdí, že výrobci by měli přepracovat své inovační procesy. Ukazuje, že pro vývoj produktů a služeb jsou klíčoví „čelní uživatelé“ („lead users“),²⁰⁵ kteří nejsou spokojeni s dosavadním výrobkem nebo službou a sami se angažují v iniciování inovačních procesů. Jejich nápady jsou komerčně atraktivní, výrobci by je proto měli sledovat, ale nesnažit se je ovlivňovat.²⁰⁶ Tyto „volné inovace“ („free innovations“) jsou jednoduchým inovačním procesem, nezatíženým kompenzačními transakcemi a právy duševního vlastnictví a mají své výhody i nevýhody. Protože jsou tito inovátoři odměňováni faktory, jako je osobní užitek, učení či zábava, jsou často průkopníky v nových oblastech, kde je skrytý komerční potenciál. Zároveň mají obecně jen velmi malou motivaci investovat do šíření toho, co vytvářejí, což snižuje sociální hodnotu jejich úsilí. Nejlepším řešením je podle Erica von Hippela dělba práce mezi těmito inovátory a výrobci, která každému umožňuje dělat to, co umí nejlépe. Výsledkem bude jak zvýšení zisku výrobců, tak zvýšení sociálního blahobytu a zisk pro všechny.



Zdroj: <https://www.slideshare.net/innovationoecd/von-hippel-toward-more-inclusive-science-and-innovation-indicators>

Ekonomové se dnes obecně shodují na tom, že inovace jsou zdrojem růstu produkce, technologická vyspělost tak v dnešním globalizovaném světě rozhoduje o ekonomické vyspělosti země a je důležitým předpokladem růstu produktivity práce a potažmo životní úrovně obyvatel. Každoročně vycházejí žebříčky nejinnovativnějších zemí a státy soutěží v tom, kdo bude na vrcholu (viz kapitola Ekonomické faktory, včetně postavení České republiky). Někteří ekonomové jsou však skeptičtí, že by digitální technologie způsobily další velký hospodářský růst ve 21. století, a tvrdí, že jejich ekonomické výhody už byly vyčerpány. E. Brynjolfsson a A. McAfee ale oponují, že digitální inovace je rekombinantní inovací, tedy že z každého pokroku se stává stavební prvek pro další inovace. Pokrok se tak nevyčerpává, ale naopak kumuluje.²⁰⁷ Podle matematického modelu M. Weitze brzy vznikne nekonečné množství potenciálně cenných rekombinací existujících znalostí a omezení hospodářského růstu bude způsobeno pouze limitovanou schopností je projít a určit ty nejpřínosnější. Čtvrtou

²⁰⁵ E. M. Rogers je nazývá „inovátory“.

²⁰⁶ Jako příklad uvádí Lego Mindstorm (stavebnice vybavená senzory, dálkově ovládaná počítačem). Po uvedení na trh ho začalo mnoho uživatelů upravovat k jiným účelům. Firma se nejprve bránila, brzy ale zjistila, že je to zbytečné, a rozhodla se tuto činnost naopak podporovat, sdílení prostřednictvím internetu vyvolávat a stala se prototypem výrobce, který využívá kreativního potenciálu svých uživatelů (právě ti totiž přicházejí s nápady, které se dají velmi dobře využít ve vývoji novinek). Následně vyvinula službu LEGO Factory, jejímž současným nástupcem je [Lego Digital Designer](#), kde si každý může postavit vlastní výtvar a v simulovaném 3D prostředí na počítači vyzkoušet. Tento přístup pravděpodobně zachránil Lego před krachem, který mu v 90. letech hrozil.

²⁰⁷ V celé oblasti digitálních technologií platí „Moorův zákon“, tedy pravidlo exponenciálního růstu. Ten říká, že cena čipu s určitým výkonem každých osmnáct měsíců klesne na polovinu, nebo že naopak při konstantní ceně dojde ke zdvojnásobení výkonu. Lze tak rychle navyšovat možnosti výpočetních zařízení, neboť umožňuje vytvářet stále dokonalejší a levnější výpočetní stroje, které mohou lidé využívat. Díky tomu mohlo dojít k masivnímu rozšíření internetu a počítačů do domácností, ale také k velkému rozvoji mobilních telefonů a dalších zařízení, která denně zásadním způsobem ovlivňují lidské životy, pracovní prostředí i formy komunikace.

průmyslovou revoluci tak nazývají „druhým věkem strojů“,²⁰⁸ časově ji rozdělují na dvě fáze. Počátek první datují do poloviny 90. let, počátek současné druhé fáze do druhé dekády 21. století, do doby, kdy stroje už nedělají pouze rutinní práci, ale učí se řešit problémy autonomně, a kdy lidé s sebou nosí výkonná flexibilní a připojená zařízení – smartphony. K propojení myslí a strojů, produktů a platform, firem a veřejnosti došlo velmi rychle a výsledkem je, že tradiční praxe zastarala a zvyky se změnily.²⁰⁹ Právě nyní tedy žijeme v době, která má diametrálně změnit lidský způsob života. Moderní technologie a jejich vývoj dnes prostupují všemi vědními obory a oblastmi a je jich tolik, že není možné je zachytit všechny. Odborníci se přesto snaží vysledovat určité tendence a klasifikovat klíčové a nejzásadnější „rostoucí technologie“ (emerging technologies).²¹⁰

Existuje mnoho vizí a předpovědí příštích technologických změn. Je však třeba mít na paměti, jak mohou být tyto předpovědi a vize ošidné – připomeňme článek Guardianu, který v roce 2004 (tři roky před uvedením iPhone) psal o budoucnosti v roce 2020 a nevládl předpovědět smartphone. Jistější jsou proto krátkodobé předpovědi, většina analytiků dnes vydává žebříčky pouze na jeden kalendářní rok. Stěžejními oblastmi, které budou určovat, jak bude vypadat život v blízké budoucnosti (do roku 2030), jsou podle americké poradenské společnosti Gartner „počítačové prostředí“ (ambient computing),²¹¹ „chytrá zařízení“ (smart devices), kyberbezpečnost a etika a informační analytika. Šest následujících „posunů“ pak bude formovat budoucí prostředí:²¹²

1. Od globálního k personalizovanému – digitalizace zmenšuje svět, člověk může odkudkoliv získat informace o tom, co se děje téměř kdekoli, malé společnosti mohou mít globální dosah, zákazníci se díky 3D tisku mohou sami stát výrobci. Roboty, které se v současné době používají jako velké stroje, se budou zmenšovat a postupně dostávat do domácností.
2. Od pevných hierarchií k „buněčným sítím“ – vzestup „všeho peer-to-peer“ (P2P)²¹³ znamená přechod z rigidních vztahů k proměnlivým trhům. Architektura, organizace a informace se slučují, což dává více možností.
3. Od fixních aktiv k vyměnitelným aktivům – lidé se budou méně zajímat o konkrétní produkt nebo službu, protože budou k dispozici jiné možnosti (sdílení).
4. Od zařízení k připojeným lidem a věcem – dnes žijeme ve světě zařízení, postupně však lidé přejdou na konektivitu v jakékoli formě, včetně jejího zabudování do nich samých, pro většinu lidí však budou zatím přijatelnější jen osobní asistenti.
5. Od „velkých dat“ (big data) k „algoritmickému podnikání“ – díky miliardám připojených zařízení a věcí se analytika stává klíčovou, přičemž bude nabývat čím dál větší důležitosti to, kdo má k datům přístup a jak jsou využívána, zvláště s ohledem na senzorové sítě, „kvantifikované já“ (quantified self)²¹⁴ a pokročilou analytiku.

²⁰⁸ Brynjolfsson, E., McAfee, A.: *Druhý věk strojů: Práce, pokrok a prosperita v éře špičkových technologií*, Jan Melvil Publishing, Brno 2015

²⁰⁹ Brynjolfsson, E., McAfee, A.: *Harnessing Our Digital Future. Machine Platform Crowd*, W. W. Norton & Company, New York 2018

²¹⁰ „Rostoucí“ technologie jsou takové technologie, jejichž vývoj, praktické aplikace nebo ani jedno stále ještě není v plné míře realizované. Vyznačují se radikální inovativností, rychlým růstem, koherencí, výrazným dopadem na sociálně-ekonomickou oblast a také určitou mírou nejistoty. Jsou vnímány jako schopné měnit status quo. Podrobněji odborně o predikci v technologiích viz Camiña S. L.: *A Comparison of Taxonomy Generation Techniques Using Bibliometric Methods: Applied to Research Strategy Formulation*, Working Paper CISL# 2010-01, MIT, Cambridge 2010.

²¹¹ Tyto technologie provádějí výpočet bez přímého příkazu, zařízení jsou navržena tak, aby byla integrována do okolí, takže si jich uživatel není vědom. K dosažení tohoto cíle používá výpočetní technika okolní prostředí řadu technologií, včetně sledování pohybu, rozpoznávání řeči, gest a umělé inteligence.

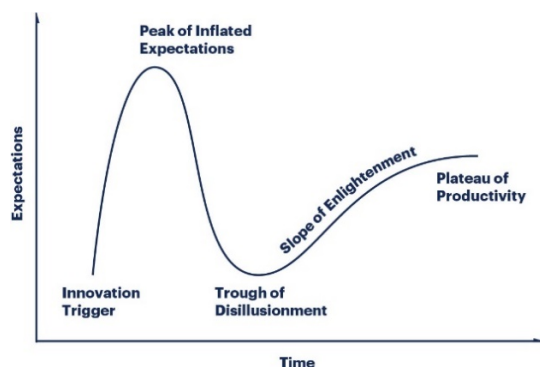
²¹² Dle *Technology and Business in 2030*, Gartner Inc, 2015.

²¹³ Peer-to-peer (doslova rovný s rovným), P2P nebo klient-klient je označení typu počítačových sítí, ve které spolu komunikují přímo jednotliví klienti (uživatelé).

²¹⁴ Neboli sebeměření, viz Šemotl, R.: *Lifeloggging a mobilní média*, bakalářská práce, Masarykova univerzita, Fakulta sociálních studií, Brno 2016 nebo <https://codeoflife.cz/vykonnost/jak-se-merit-a-pouzivat-data-pro-vetsi-vykonnost/>.

6. Od zdrojů k „chytrým materiálům“ (smart materials) – pomocí „chytrých látek“, paměťových materiálů, grafenu, polymerů a nanokompozitů²¹⁵ se vyvíjí nové materiály. Materiálová věda se stává čím dál důležitější.

Gartner definoval cyklus, kterým při zrodu prochází každá nastupující technologie, nazval ho „hype“²¹⁶ cyklem. Má pět fází: spouštěč inovace (innovation trigger), vrchol přehnaných očekávání (peak of inflated expectations), koryto rozčarování (trough of disillusionment), svah osvětlení (slope of enlightenment) a plošina produktivity (plateau of productivity). Grafické znázornění podává podnikatelům informace o tom, jak si daná technologie nebo aplikace stojí, jak se bude v průběhu času vyvíjet a jak je potenciálně relevantní pro řešení skutečných obchodních problémů a využívání nových příležitostí v praxi. Jedna technologie může prodělat cyklů více. Když z něj vypadne, znamená to, že se dostala na hlavní trh.



Zdroj: Gartner

Hype křivka nastupujících technologií (emerging technologies) sestavený každým rokem společností Gartner je jedinečná v tom, že vychází z informací o více než dvou tisících technologiích, ze kterých vykryštovalo v srpnu 2020 pouze 30 hlavních technologií a trendů:



Zdroj: Gartner, 2020

²¹⁵ Nanokompozity jsou materiály složené ze dvou nebo více různých složek, z nich alespoň jedna se vyskytuje ve formě částic o velikostech jednotek až desítek nanometrů. Většinou se jedná o nanočástice aktivní látky (ty se zajímavými magnetickými, elektrickými a jinými vlastnostmi) rovnoměrně rozptýlené v inertní matici.

²¹⁶ V přesném překladu humbuk, přehánění, přehnaný zájem, to, o čem se mluví.

„Lidem určená chytrá prostředí“ je souhrnné označení, které Gartner zvolil jako top strategický technologický trend pro rok 2020. Strategické trendy jsou takové trendy, které mají významný potenciál narušit současný stav a posouvají se z úvodní fáze zrodu směrem k širšímu využití či dopadu. Deseti hlavními strategickými trendy pro rok 2020 (v podnikatelském sektoru) podle analytiků ze společnosti Gartner²¹⁷ byly:

1. Hyperautomatizace (hyperautomation) – spočívá v aplikaci pokročilých technologií, včetně umělé inteligence (AI) a strojového učení (ML), na stále více automatizované procesy a „rozšíření člověka“ (augmented humanity). Vztahuje se také na sofistikovanou automatizaci (analýzování, navrhování, automatizaci, měření, monitorování a přehodnocování). Neexistuje jeden nástroj, který by jednoduše nahradil práci člověka, hyperautomatizace tak zahrnuje kombinaci nástrojů včetně robotické automatizace procesů (RPA, robotic process automation),²¹⁸ inteligentního softwaru pro řízení podniku (iBMS, intelligent business management software), iERP (intelligent enterprise resource planning) a AI, přičemž se stále zvětšuje její podíl na řízení. Ačkoli to není jejím hlavním cílem, hyperautomatizace vede často k vytvoření digitálního dvojčete organizace (DTO, digital twin of an organization),²¹⁹ což organizacím umožňuje dynamicky vizualizovat, jak efektivně interagují funkce, procesy a klíčové ukazatele výkonu. Kombinace RPA, iBPMS a dalších technologií, jako je zpracování přirozeného jazyka nebo počítačové vidění, umožní "industrializaci" procesů s vysokým podílem lidského faktoru (na straně zákazníka i zaměstnance).

2. „Mnohozážitek“ (multiexperience) – v tomto konceptu jde o využití různých platform, zařízení a aplikací pro interakci se zákazníkem, zahrnujících multisenzorická a vícedotyková rozhraní, jakými jsou nositelná zařízení a pokročilé počítačové senzory. Virtuální a rozšířená realita, hlasoví asistenti, webový prohlížeč, mobilní aplikace, autonomní vozidla, to vše se prolíná do konzistentního uživatelského rozhraní řízeného kreativním marketingem. Obchodník z uložených informací pozná svého zákazníka, což mu umožní implementovat prediktivní analýzu. Gartner předpovídá, že do roku 2023 bude více než 25 % mobilních aplikací, progresivních webových a komunikačních aplikací ve velkých podnicích fungovat na tomto principu. Vývojové týmy by měly velmi dobře propracovat návrh, vývoj a architekturu mobilních aplikací, protože „mobilní“ je obvykle vstupní bránou k vícenásobné zkušenosti. Mobilní aplikace stále zůstávají nejběžnějším typem aplikací, které podniky kromě svých webových stránek zavádějí, služby umělé inteligence hostované v cloudu (jako komunikační uživatelská rozhraní, rozpoznávání obrázků a hlasu) patří mezi nejčastěji používané technologie pro rozvoj vícenásobné zkušenosti. V budoucnu se tento trend stane tím, co se nazývá „zážitková zkušenost“ (ambient experience), v současné době se zaměřuje na pohlcující zážitky, které využívají rozšířenou, virtuální a smíšenou realitu, vícekanálová rozhraní člověk-stroj a snímací technologie. Kombinace těchto technologií může být použita pro jednoduché překrytí rozšířenou realitou (augmented reality, AR) nebo plně pohlcující zážitek z virtuální reality (virtual reality, VR).

3. Demokratické dovednosti (democratization of expertise) – jedná se o přiblížení různých oblastí a dovedností schopnostem běžného uživatele, jde tedy o to, poskytnout lidem snadný přístup

²¹⁷ Viz [Gartner Top 10 Strategic Technology Trends for 2020](#).

²¹⁸ Robotická automatizace procesů je technologie pro automatizaci obchodních procesů založená na autonomní práci softwarových robotů. Ty jsou koncipovány jako stavové automaty využívající definovaných podmínek pro následující aktivitu ("když-tak") nebo technologie strojového učení. Tradičně jsou za automatizaci pokládány pracovní postupy vytvořené vývojáři softwaru, které opakovaně zpracovávají pracovní postup v rámci jednoho či více systémů s využitím aplikačních programovacích rozhraní (API) nebo skriptovacího jazyka.

²¹⁹ Koncept digitálního dvojčete, počítačového modelu firemního aktiva z reálného světa, do něhož jsou v reálném čase přenášena například data z napojených senzorů Internetu věcí (IoT), je běžně využíván v rámci Průmyslu 4.0. Digitální dvojčata se ale vyvíjejí, podle analytiků není důvod, proč by organizace nemohly začít vytvářet digitální dvojčata sebe sama (DTO). DTO je dynamický softwarový model závisející na provozních a dalších datech s cílem porozumět, jak v praxi skutečně funguje obchodní model dané organizace, modelovat jej v reálném čase a nasazovat jeho pomocí vhodné zdroje či reagovat na změny a poskytovat požadované služby zákazníkům. DTO pomohou zvýšit efektivitu obchodních procesů a také vytvořit flexibilnější, dynamičtější a responzivnější procesy schopné případně dynamicky reagovat na měnící se podmínky. Více viz <https://www.trask.cz/digital-twin-of-organisation>.

k technickým nebo obchodním znalostem bez rozsáhlého a nákladného školení. To znamená odbourání bariér, jako jsou složitá uživatelská rozhraní, neznámé pojmy či znalosti speciálních jazyků a syntaxí v rámci činností, které je dříve vyžadovaly. Analytici proto také někdy používají pojem "civilní" či "občanský" přístup (citizen access, citizen developer, citizen data scientist).²²⁰ Počínaje rokem 2020 (zhruba do roku 2023) budou v oblasti demokratizace dovedností hrát prim čtyři domény:

- a. demokratizace znalostí: aplikační vývoj – díky pokročilým AI modelům a snadno konfigurovatelným vývojářským nástrojům je dnes možné bez pokročilých znalostí tvořit aplikace s prvky AI či strojového učení,
- b. demokratizace designu: low-code, no-code a civilní vývojáři – přestože fenomén low-code není novinkou, protože v podobě RAD²²¹ existuje již desítky let, současné digitální nástroje a technologie jej dále zjednodušily – zatímco dříve umožňoval vývojářům značnou úsporu času, dnes už umožňuje, aby aplikace "stavěli" civilní vývojáři prakticky bez jakýchkoliv formálních znalostí programování či syntaxe,
- c. demokratizace dat a analytiky: rozšířená analytika a civilní datoví vědci – podobně jako v oblasti vývoje aplikací bude také v oblasti analytiky a datové vědy stále více úloh přebírat AI a strojové učení, půjde o rozšířenou tvorbu a přípravu dat, rozšířenou analytiku coby součást či doplnění klasické analytiky a BI (zpřístupnění jejich možností a funkcí uživatelům bez zvláštních znalostí) a o rozšířenou analytiku automatizující datovou vědu a AI modelování.
- d. demokratizace vývoje SW: AI nástroje využitelné v aplikacích vyvíjených na míru.

4. Rozšiřování lidských schopností/možností (human augmentation) – hovoří se o ní v případech, kdy se za použití technologie posílí kognitivní a fyzické vlastnosti člověka. Aplikace budou lidé využívat buď na tradičních výpočetních systémech, nebo v rámci rodících se mnohozážitkových rozhraní v „chytrých prostředích“ (smart spaces). Rozsah a míra využívání fyzických i kognitivních rozšíření bude růst, postupně se stanou běžnými. Vznikne tak nový „konzumerizační“ efekt, kdy se zaměstnanci budou snažit o jejich maximální využití a vylepšování pro zlepšení pracovního prostředí. Dostupné a nastupující technologie mají potenciál zásadně rozšířit lidské schopnosti v mnoha oblastech:

- a. rozšíření smyslů – patří sem doplňky sluchu, zraku a další implantáty či zařízení zlepšující schopnost vnímání, technologie typu rozšířená a smíšená reality, ale i drobné přístroje jako čočky schopné měřit hladinu cukru v slzách či nitrooční tlak,
- b. posouvání fyzických limitů – u protéz a implantátů se dosud zaměřovalo na vrácení ztracených funkcí, v rostoucí míře se už však objevují experimenty s vylepšováním schopností zdravých jedinců,
- c. rozšíření mozku – již dnes je možné pomocí nervových stimulátorů bránit určitým záchvatům, zkoumají se už další možnosti, jako je zlepšování paměti, syntéza řeči či počítačová rozhraní BCI (brain-computer interface).
- d. úpravy genomu – za přijatelné jsou dnes pokládány somatické genové a buněčné terapie (včetně genových terapií dětí s vážnými poruchami imunity), se snižováním cen technologií typu

²²⁰ V rámci EU byla ustavena digitální platforma [EU-Citizen.Science](#), sloužící jako referenční bod pro vědce, tvůrce politik a každého, kdo má zájem o občanskou vědu. Platforma shromažďuje osvědčené postupy pro iniciování, plánování a provádění občanských vědeckých projektů a uvádí širokou škálu projektů, ze kterých se lze poučit nebo se na nich podílet. Úspěšnost platformy závisí na přispěvcích veřejnosti a je otevřená všem projektům. Platforma bude v budoucnu obsahovat školicí materiály a komunitní diskusní fóra. Projekt EU-Citizen.Science byl financován z programu Horizont 2020, Věda se společností a pro společnost (SwafS).

²²¹ Zkratka RAD (Rapid Application Development) znamená rychlý vývoj aplikací, je to jednak obecný termín používaný k označení alternativ ke konvenčnímu vodopádovému modelu vývoje softwaru, jednak název pro přístup k rychlému vývoji. Obecně platí, že RAD přístupy k vývoji software kladou menší důraz na plánování a větší důraz na proces. Na rozdíl od vodopádového modelu, který vyžaduje přesně definované specifikace, které mají být stanoveny před vstupem do fáze vývoje, RAD přístupy zdůrazňují adaptabilitu a nutnost přizpůsobení požadavků v reakci na poznatky získané v průběhu projektu. RAD se zvláště dobře hodí k vývoji softwaru, který je poháněn požadavky uživatelského rozhraní. Dle https://it-slovník.cz/pojem/rad/?utm_source=cp&utm_medium=link&utm_campaign=cp.

CRISPR a možnostem zpřístupnění kompletního genového inženýrství nabývají na důležitosti etické otázky.

5. Transparentnost a dohledatelnost (transparency and traceability) – vývoj moderních digitálních technologií způsobil krizi důvěry. Zákazníci se čím dál více zajímají o to, jak jsou jejich osobní údaje shromažďovány a používány a kdo nad nimi má kontrolu. Také organizace a firmy si uvědomují čím dál větší zodpovědnost za uchovávání a shromažďování osobních údajů. Je třeba zajistit, aby využívání AI a dalších moderních technologií bylo transparentní, s jasně definovanými pravidly, obsahující šest klíčových prvků: etiku, integritu, otevřenost, odpovědnost, kompetenci a důslednost. Podniky by se v rámci rozvoje transparentnosti a důvěryhodnosti měly zaměřit na oblasti, jako jsou AI a strojové učení, ochrana osobních dat i jejich vlastnictví a dohled a také etický design (produktů a služeb). Na celém světě se přijímají právní předpisy, které usměrňují vývoj a stanovují základní pravidla pro organizace a firmy. Nejdále je v tomto obecné nařízení Evropské unie o ochraně údajů (GDPR).

6. Výkonný/posílený edge (the empowered edge) – „edge computing“ označuje IT technologii, která zpracovává informace co nejbližší zdroji nebo uživateli, jejím cílem je udržet datový provoz a zpracování v místě, a snížit tak latenci (samotný pojem edge pak lze nejlépe chápat jako logický protipól centralizovaného cloudu). Velká část informací je analyzována na "okrajích" (edges), tedy přímo uvnitř senzorů, aniž by se musela zasílat do cloudu, to umožňuje rychlejší reakci či zrychlení produkce. V současné době se o edge hovoří zejména v souvislosti s potřebou IoT systémů zajistit nepřípojené či distribuované funkce vestavěné v koncových zařízeních (například čelní kamera aut vybavená internetovým čidlem), nicméně edge se stane zásadním faktorem napříč všemi odvětvími, právě v souvislosti se stále sofistikovanějšími a specializovanějšími výpočetními zdroji a úložišti. Komplexní edge zařízení včetně robotů, dronů, autonomních vozidel či provozních systémů celý posun značně urychlí.

7. Distribuovaný cloud (distributed cloud) – spočívá v distribuci veřejných cloudových služeb do různých lokalit, přičemž původní poskytovatel služby je i nadále zodpovědný za provoz, dohled, aktualizace a rozvoj služby. Distribuovaný cloud umožňuje umístění datových center kdekoli. To řeší jak technické problémy, jako je latence, tak regulační výzvy, jako je datová suverénita. Nabízí také výhody veřejné cloudové služby a výhody soukromého, lokálního cloudu. Jde o zásadní posun od klasického centralizovaného modelu cloudových služeb, vývoj z centralizovaného veřejného cloudu do distribuovaného veřejného cloudu je považován za novou éru cloud computingu.

8. Autonomní věci – tímto termínem jsou označovány fyzické věci, které využívají AI k plnění úkolů obvykle vykonávaných lidmi, zahrnují drony, roboty, autonomní vozidla a lodě apod. Jejich automatizace překračuje možnosti pevně naprogramovaných modelů, využívají AI pro řízení pokročilých reakcí v přirozenějších interakcích s okolním prostředím a lidmi. Očekává se posun od samostatných inteligentních zařízení směrem k nezávislým spolupracujícím rojům inteligentních věcí nebo zařízení spolupracujících s lidmi. Zatímco v současné době existují autonomní věci hlavně v kontrolovaných prostředích, například v dole nebo ve skladu, dále se budou vyvíjet tak, aby fungovaly v otevřeném veřejném prostoru (tak jak to umožní vývoj technologií, předpisy a společenská přijatelnost). Například v oblasti doručování zásilek²²² si lze představit jako nejefektivnější kombinaci autonomního vozidla, které zásilky doveze do cílové oblasti, a robotů a dronů, které jsou na palubě a které se postarají o doručení na konkrétní adresy. Autonomní věci však nemohou plně nahradit lidský mozek, nejefektivněji operují, když mají úzce definovaný a přesně zaměřený účel.

²²² O testování doručování pomocí dronů viz <https://www.dronim.cz/dorucovani-drony-amazon/>. *Někteří odborníci* ale zůstávají v této otázce zdrženliví a aplikaci dronů při doručování nebo mobilitě ve městech nevidí v blízké budoucnosti jako pravděpodobnou.

9. Praktický blockchain – přináší potenciál proměnit celá odvětví v systémy digitální důvěry, transparentnosti a výměny hodnot napříč obchodními ekosystémy. Důležitý je také potenciál snížení nákladů, zrychlení transakcí a zlepšení cashflow. Aktiva je možné vysledovat až k jejich původu a výrazně omezit možnosti výměny za kopie, náhražky či falšované zboží. Sledování je zajímavé i v dalších oblastech, například potravinářství (sledování původu, dohledání kontaminace napříč dodavatelským řetězcem) nebo při situacích se závadnými výrobky, kdy je nutné svolat zákazníky, kteří je zakoupili. Další příležitosti se nacházejí v oblastech, jako správa identit a integrace chytrých smluv umožňujících automatizovat vybrané transakční kroky. Dle odborníků není blockchain zatím pro podniková nasazení dostatečně vyspělý, ale jeho potenciál je velký, takže odborníci doporučují, aby mu podniky věnovaly dostatek pozornost už nyní. Již dnes se objevuje v experimentálních projektech a projektech malého rozsahu (podnikové blockchainya dnes přistupují k praktickému přístupu a implementují pouze některé prvky kompletního blockchainu), do roku 2023 by měl být plně škálovatelný.

10. AI bezpečnost – využití umělé inteligence a strojového učení bude stále růst. Na jednu stranu vzniknou nové příležitosti a fenomény, jako již zmíněné hyperautomatizace či praktické využití autonomních věcí, na druhé straně to povede ke zcela novým výzvám v oblasti bezpečnosti. S rychle rostoucím počtem zranitelných míst (daných kombinací IoT, cloudu, mikroslužeb a připojených systémů v chytrých prostorách), by se lidé zodpovědní za bezpečnost měli podle odborníků z Gartneru zaměřit na tři nové oblasti: ochranu systémů na bázi AI, využívání AI pro zlepšení kybernetické ochrany a obrany a předvídání a identifikaci útoků efektivně využívajících AI.

Strategické trendy pro podnikání pro rok 2021 byly podle očekávání formovány vlivem epidemiologické situace a z ní vyplývajících opatření. Oscilují kolem tří témat: trendy a technologie související s lidmi, jejich chováním, zážitky a soukromím, trendy související s nezávislostí na lokalitě a trendy související se zvyšováním odolnosti byznysu a obchodních modelů, přičemž ideální je jejich kombinace. Je na vedoucím pracovníkovi IT, aby rozhodl, jaká kombinace těchto trendů bude vést inovace a strategii daného podniku:

1. „Internet chování“ (Internet of Behaviors, IoB) – s nárůstem technologií, které shromažďují data každodenního života, lze tyto informace využít a prostřednictvím analýzy a zpětné vazby ovlivnit chování lidí. IoB kombinuje existující technologie zaměřující se na jedince (rozpoznání obličeje, sledování polohy apod.) a spojuje výsledná data se souvisejícími behaviorálními událostmi (např. realizovaný nákup či využívání zařízení), organizace posléze využívají tato data, aby ovlivnily chování lidí. Podle společnosti Gartner budou do roku 2023 sledovány aktivity u 40 % světové populace a do konce roku 2025 bude více než její polovina využívat minimálně jednu technologii postavenou na principu IoB. To s sebou nese přirozeně i riziko a otevírá otázku kyberbezpečnosti a etiky, očekává se tak rozsáhlá etická a společenská debata o tom, jaké přístupy lze při ovlivňování chování nasadit.

2. Absolutní zážitek (total experience, TX) – kombinuje více zkušeností: zákaznickou zkušenost (CX), zkušenost zaměstnanců (EX) a uživatelskou zkušenost (UX), tak, aby transformovaly obchodní výsledek. Cílem je zlepšení na všech úrovních. Příkladem může být telekomunikační společnost, která změnila celý systém péče o zákazníka. Ten dostane před vchodem do firmy přes aplikaci upozornění, kdy může vstoupit dovnitř a jaký bude následovat postup, společnost zároveň zřídila digitální kiosky a umožnila zaměstnancům využívat vlastní tablety k navigaci na zařízeních zákazníků, aby se nemuseli fyzicky dotýkat hardwaru. Výsledkem bylo bezpečnější prostředí a plynulejší interakce mezi zaměstnanci a zákazníky.

3. Zabezpečené zpracování dat – výpočet zvyšující ochranu osobních údajů zahrnuje tři technologie, které chrání data při jejich využívání. První poskytuje důvěryhodné prostředí, ve kterém lze zpracovávat nebo analyzovat citlivá data. Druhá provádí zpracování a analýzu decentralizovaným způsobem. Třetí šifruje data a algoritmy před zpracováním nebo analýzou. Tento přístup je navržen speciálně pro rostoucí potřebu sdílení dat při zachování soukromí a bezpečnosti. Analytici z Gartneru věří, že tyto techniky nasadí do roku 2025 polovina velkých organizací.

4. Distribuovaný cloud – cloudové služby jsou distribuovány na různých fyzických umístěních, za provoz, správu a vývoj přitom zůstává zodpovědný poskytovatel veřejného cloudu. Distribuovaný cloud je budoucnost cloudu. Tím, že umožňuje mít služby fyzicky blíže, pomáhá organizacím při nízké latenci, snižuje náklady na data a pomáhá jim dodržovat zákony, když diktují, že musí zůstat v konkrétní geografické oblasti. Zároveň organizace těží z výhod veřejného cloudu a neřídí svůj vlastní privátní cloud, což může být nákladné a složité.

5. Provoz kdekoli (anywhere operations) – je provozní model IT navržený tak, aby podporoval zákazníky i zaměstnance bez ohledu na to, kde se nacházejí. Není to pouze práce na dálku nebo virtuální interakce se zákazníky, jde také o schopnost dodat jedinečnou zkušenost a přidanou hodnotu napříč pěti oblastmi, kterými jsou: spolupráce a produktivita, bezpečný vzdálený přístup, cloud a edge infrastruktura, kvantifikace digitálních zážitků a automatizace s cílem podpořit vzdálený provoz.

6. Kyberbezpečnostní pletivo (cybersecurity mesh) – zajišťuje škálovatelnou, flexibilní a spolehlivou kontrolu kybernetické bezpečnosti. Umožňuje, aby kdokoli s příslušným oprávněním mohl bezpečně přistupovat k libovolným digitálním aktivům bez ohledu na to, kde se on nebo tato aktiva nacházejí. Odděluje provádění bezpečnostních politik od jejich tvorby prostřednictvím cloudového delivery modelu a umožňuje proměnit identitu v bezpečnostní perimetr. Do roku 2025 bude podle analytiků Gartneru kyberbezpečnostní pletivo vyřizovat více než polovinu všech požadavků na digitální přístup.

7. Inteligentní modulární byznys (intelligent composable business) – radikálně mění mechanismy rozhodování, má k dispozici kvalitnější informace a dokáže na ně reagovat obratněji. V budoucnu budou při rozhodování hrát větší roli stroje využívající velké objemy dat a schopnost jim porozumět. Inteligentní modulární byznys položí základy novému pojetí byznys okamžiků (business moments), novým obchodním modelům, autonomnímu provozu a novým produktům, službám i kanálům. Statické procesy, které byly navrženy pro co největší efektivitu, byly příliš křehké a pandemie je rozdrtila.

8. AI inženýrství (AI engineering) – je disciplína zaměřená na tvorbu pravidel a řízení životního cyklu provozních a rozhodovacích AI modelů, jako jsou strojové učení či znalostní grafy. Stojí na třech pilířích: DataOps, ModelOps a DevOps. Robustní strategie pro AI inženýrství zahrnuje výkon, škálovatelnost, interoperabilitu a spolehlivost AI modelů při současném dosahování návratnosti investic do AI. Gartner uvádí, že pouze 53 % projektů v oblasti AI se v současné době dostane do provozu. AI inženýrství má ukazovat cestu, jak úspěšně přejít z fáze prototypu do ostrého provozu.

9. Hyperautomatizace (hyperautomation) – byznysem řízená hyperautomatizace je disciplinovaný přístup používaný organizacemi pro rychlou identifikaci, rozhodování a automatizaci co největšího počtu procesů. Byla hlavním trendem již v několika předchozích letech, pandemie po ní ale výrazně zvýšila poptávku tím, že se vše překlátilo do modelu „digital first“. Rostoucí počet nevyřízených požadavků donutil 70 % komerčních organizací, aby realizovaly desítky automatizací. Firmy, které se nesoustředí na efektivitu, účinnost a agilitu podnikání, zůstanou pozadu.

Výše jmenované technologické trendy mají dostatečný potenciál narušit dosavadní pravidla či praxi. Posouvají se z fáze zrodu směrem k reálnému nasazování a využívání nebo jejich význam rychle narůstá a mohly by dosáhnout fáze zlomu (běžného využití) během následujících pěti let.

Žebříček 10 přelomových technologií sestavuje každý rok i MIT. V [únoru roku 2020](#) do něj zařadil:

1. Kvantový (nehacknutelný) internet
2. Hyper-personalizovanou medicínu
3. Digitální měnu
4. Léky proti stárnutí (senolytika)
5. Molekuly objevené pomocí AI
6. Satelitní mega-konstelace

7. Kvantovou nadřazenost
8. Drobnou AI
9. Diferenční soukromí
10. Atribuci změny klimatu

V únoru 2021 uveřejnil MIT nový žebříček pro letošní rok:

1. RNA vakcíny (též mRNA) – využívají uměle vytvořenou mRNA,²²³ kterou dopraví do cílové buňky, která pak vytvoří bílkovinu charakteristickou pro agens, na který se má vytvořit imunitní odpověď.
2. GPT-3 (Generative Pre-trained Transformer 3)²²⁴ – umělá neuronová síť napodobující lidský jazyk. Vytváří jazykový model, který má za úkol klasifikovat a vytvářet obsah – z části textu odhaduje pravděpodobné pokračování. V současnosti jde o největší síť svého druhu na světě. Vytvořila ji kalifornská nezisková organizace [OpenAI](#).
3. Doporučující algoritmus aplikace TikTok – umožňuje novým tvůrcům rychle získat mnoho zobrazení a uživatelům snadno objevit mnoho druhů obsahu, což přispělo k strmému růstu aplikace. Ostatní společnosti se snaží tyto algoritmy reprodukovat.
4. Li-metal baterie – byla vyvinuta firmou QuantumScape a výrazným způsobem zdokonaluje současné Li-Ion baterie. Má vyšší energetickou hustotu (vyšší kapacitu akumulátoru, delší dojezd, který by měl být téměř dvojnásobný), rychlejší nabíjení (za 15 minut nabijete elektromobil s novými bateriemi na 80 %), vyšší bezpečnost a provozní teplota je možná od -30 °C. Zároveň má velmi dobrou životnost. Zatím je v podobě malého prototypu, ale společnost má dohodu s koncernem VW, že od roku bude prodávat elektrická auta s jejich bateriemi.
5. Data trust – je právnícká osoba, která shromažďuje a spravuje osobní údaje lidí jejich jménem. I když se struktura a funkce vztahů důvěry stále definují a zůstává mnoho otázek, nabízejí trusty potenciální řešení dlouhodobých problémů v oblasti ochrany soukromí a bezpečnosti.
6. Zelený vodík – klesající náklady na solární a větrnou energii znamenají dostupnou elektrolytickou výrobu vodíku. Evropa ukazuje cestu a začíná budovat potřebnou infrastrukturu.
7. Sledování digitálních kontaktů – zpočátku vypadalo nadějně, bohužel se nakonec ukázalo, že velký význam v boji s pandemií koronaviru nemělo. Poučení by nám mohlo nejen pomoci připravit se na další pandemii, ale také by se mohlo přenést do dalších oblastí zdravotní péče.
8. Super přesné zaměření – zatímco dnešní GPS je přesný na 5 až 10 metrů, nové technologie určování polohy mají přesnost v řádu několika centimetrů nebo milimetrů. Tím se otevírají nové možnosti, od využití k varování před sesuvy půdy až po užití u dodávkových robotů a autonomních aut.
9. Vzdálený přístup – pandemie také akcelerovala nárůst využívání vzdáleného přístupu, obzvláště kritické bylo, aby se tento přechod zvládnul v oblasti zdravotnictví a školství. Příkladem jsou úspěšné asijské školní on-line platformy a rozšíření telemedicíny v Africe.
10. Multi-skilled AI – navzdory obrovskému pokroku v posledních letech jsou AI a roboti stále velmi limitovaní, zejména pokud jde o řešení nových problémů nebo navigaci v neznámých prostředích. Chybí jim lidská schopnost naučit se, jak svět funguje, a aplikovat tyto všeobecné znalosti na nové situace. Slibným přístupem ke zlepšování dovedností AI je rozšiřování jeho smyslů; v současné době umělá inteligence s počítačovým viděním nebo rozpoznáváním zvuku dokáže vnímat věci, ale nedokáže „mluvit“ o tom, co vidí a slyší pomocí algoritmů v přirozeném jazyce. Možnou cestou je spojit tyto schopnosti do jednoho systému AI, je možné, že AI s více smysly lépe porozumí světu kolem sebe a dosáhne flexibilnější inteligence.

Společnost Cisco udává jako hlavní trendy v roce 2021:

- 1) Zmenšování digitální propasti – konektivita se stala v době pandemie klíčovým předpokladem pro společenský kontakt a ekonomickou aktivitu. V rozvíjejících se zemích má podle analytiků přístup k internetu pouhých 35 % obyvatel oproti 80 % ve vyspělejších zemích. Téměř v každé zemi digitální

²²³ Messenger RNA neboli mRNA – informační nebo mediátorová RNA, označovaná i jako „posílček“, je jednovláknová nukleová kyselina (RNA), která vzniká během transkripce DNA a slouží jako předpis pro výrobu bílkoviny na základě genetické informace přepsané podle genetického kódu.

²²⁴ Podrobněji viz <https://finmag.penize.cz/kaleidoskop/420073-chrlic-obsahu-gpt-3-napise-zdvorily-mail-i-hejtna-mensiny>.

propast odděluje venkov a chudší část obyvatel. Velký potenciál proto analytici společnosti Cisco spatřují v nové generaci bezdrátových technologií, včetně 5G a Wi-Fi 6. Ty zvýší standard kapacity, rychlosti a latence a umožní připojení v oblastech, kde je optická síť příliš nákladná.

2) Zajišťování kvalitní zkušenosti pomocí senzorů – senzory se již dlouho využívají ke kontrole kvality a sledování fyzikálních podmínek prostředí, ale nyní podle odborníků získávají důležité místo i v péči o zdraví v soukromí a na pracovišti. Spolu s Wi-Fi, lokalizačními technologiemi a platformami pro spolupráci mohou identifikovat prostory s nevyužitou či překročenou kapacitou a zároveň sledovat teplotu, vlhkost, kvalitu vzduchu a hladinu osvětlení v místnosti.

3) Aplikacemi podporovaná agilita a odolnost – na začátku pandemie se podniky a organizace musely rychle přizpůsobit nepředvídatelné situaci. Pro mnoho podniků byl cloud jediný způsob, jak splnit měnící se požadavky zákazníků a zaměstnanců. Do budoucna bude muset podnikové IT stále zvyšovat svoji flexibilitu a akceschopnost, velkou roli bude hrát monitorování dat a informací, na nichž záleží.

4) Od zákaznické zkušenosti k nadšení pro určitou značku – chytrá zařízení se během pandemie stala pro lidi téměř nezbytným nástrojem. Mobilní aplikace umožnily organizacím a podnikům navázat s uživateli takový vztah, jaký byl před pár lety nepředstavitelný. Cisco poukazuje na to, že většina podnikových procesů také běží na aplikacích, které umožňují ještě osobnější vztahy se zákazníky a jejich okamžité reakce. K tomu je nutné umět transformovat velké množství informací získaných v reálném čase na okamžitě využitelné poznatky. Kombinace imerzivní, na poznatcích založené personalizace a zkušenosti přeměny spokojenosti zákazníka na jeho hlubokou angažovanost, nadšení a věrnost.

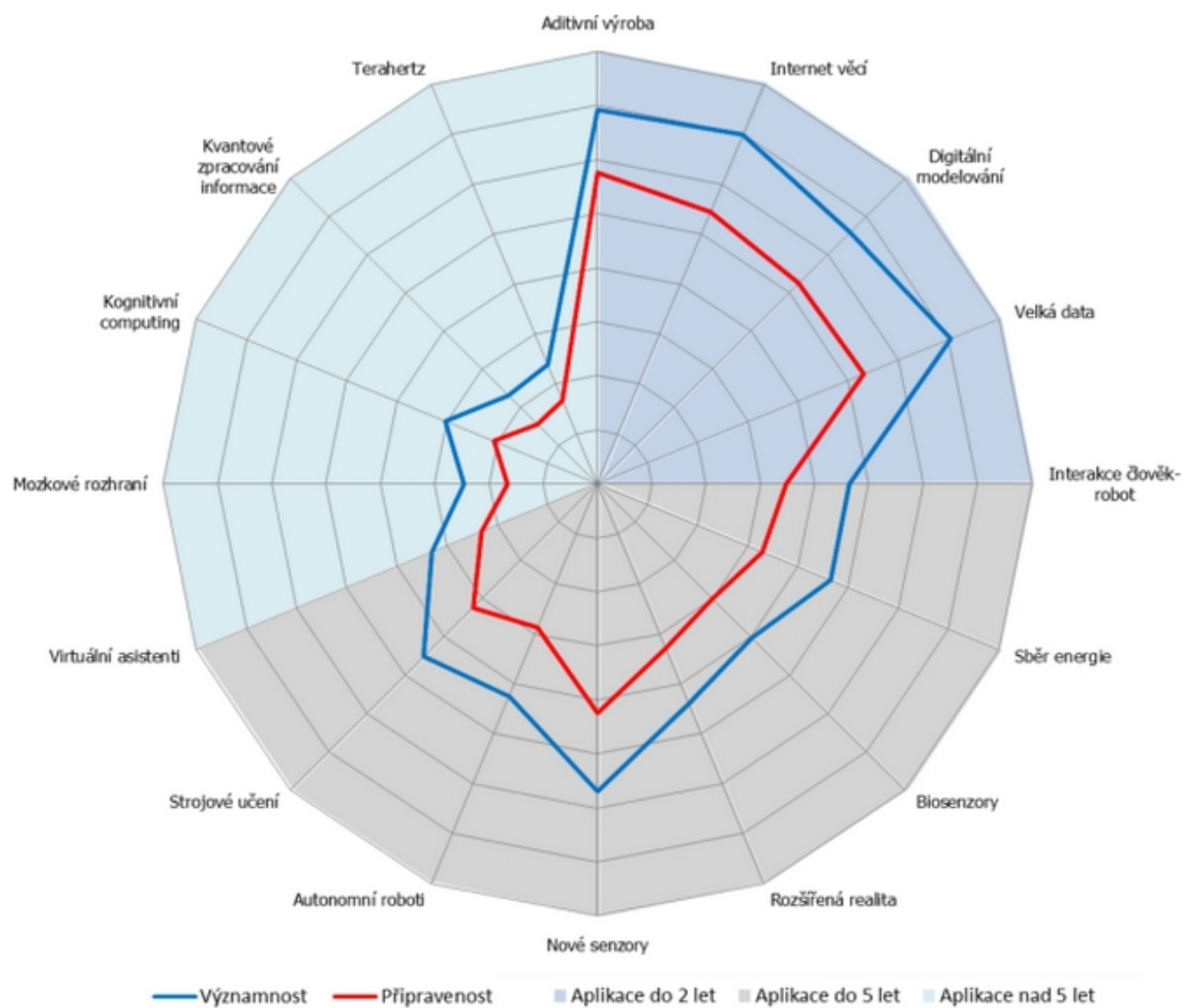
5) Identita a budoucnost bez hesel – platformy, oborové organizace a poskytovatelé bezpečnostních služeb pracují podle analytiků Cisca na úplné eliminaci hesel. Technologie, které to umožní, například biometrie, se brzy rozšíří mezi spotřebiteli i do podniků. Ty by se proto měly začít připravovat na tuto nevyhnutelnou evoluci, kdy uživatelé nebudou používat tradiční heslo jako primární způsob prokázání své identity. Cisco udává, že podle studie 2020 Duo Trusted Access Report má 80 % mobilních zařízení užívaných k pracovním účelům nastavenou biometrii, což představuje 12% nárůst oproti předchozímu pětiletému období.

6) Modely využití technologií, které jsou skutečně potřeba – Cisco dále upozorňuje na to, že podniky a organizace dlouho investovaly do univerzálních technických řešení a pravděpodobně platily za funkce, které jejich uživatelé nikdy nepotřebovali. Software ve formě služby ale umožňuje platit pouze za to, co je aktuálně potřeba, s možností rychle a flexibilně řešit služby podle požadavků.

Co se týče potenciálu rozvoje technologií v domácím prostředí, Technologické centrum AV ČR v roce 2017 analyzovalo pomocí metody „horizon scanning“²²⁵ nové technologie v rámci nastupující čtvrté průmyslové revoluce v České republice. Cílem bylo popsat nové či nově vznikající technologie, které mohou být významné pro budoucí vývoj produkčních systémů a odhadnout jejich potenciální dopad na vývoj Průmyslu 4.0 v České republice. Technologie hodnocené vysokou známkou významnosti i připravenosti by měly být v primární oblasti zájmů veřejné správy i podnikatelského sektoru, a proto by měl být kladen důraz na jejich strategickou aplikaci ve výrobních procesech. Jako technologie vysoce významné pro aplikaci v rámci nových výrobních procesů byly označeny technologie s vazbou na IT a robotiku (aditivní výroba, internet věcí) a technologie související se sběrem, analýzou a využitím velkých objemů dat (big data, digital modelling). Pro rozvoj Průmyslu 4.0 je také významná technologie Internetu věcí a s ní související technologie popisující využití nových forem senzorů. Relativně nižší míru významnosti vzhledem k rozvoji Průmyslu 4.0 v ČR mají podle expertů technologie s vazbou na výzkum kvantové technologie a technologie v oblasti konektivity lidského mozku a strojů (brain interfaces).²²⁶

²²⁵ Horizon scanning je metoda pro včasnou detekci příznaků potenciálně důležitých změn prostřednictvím systematického zkoumání trendů, signálů, příležitostí a hrozeb, které souvisí se zkoumaným tématem, a jejich dopadů na sledovanou oblast. Cílem provádění horizon scanningu je mapovat a komunikovat události, které mohou ovlivnit budoucí vývoj analyzovaného tématu, a tím vytvářet informační podklady pro flexibilní strategické rozhodování.

²²⁶ Podrobně viz <https://vedavyzkum.cz/z-domova/technologicke-centrum-av-cr/technology-brief-technologie-pro-prumysl-4-0>.



Zdroj: Technologické centrum AV ČR

Klasifikační přístupy a příslušné taxonomie technologií jsou různé, neexistuje jedna univerzální. V klasifikaci stěžejních převratných technologií schematicky vycházíme z rozdělení K. Schwaba, podloženého výzkumem WEF a prací Rad pro globální agendu (Global Agenda Council).²²⁸ Konkrétní technologie jsou pak doplněny se zřetelem k současnému stavu (duben 2020). Všechny uvedené inovace využívají sílu všudypřítomné digitalizace a výpočetní výkon informační technologie, která, jak bylo zmíněno, je hnacím motorem veškerého současného technologického pokroku. Klíčové trendy jsou pro lepší orientaci a přehlednost rozděleny do tří skupin se zřetelem k výsledné povaze produktu. Toto rozdělení je ale spíše jen pokusem o přehlednost, jednotlivé technologie, jevy a inovace se nezdá překrývat, také spolu často významně souvisí a těžší navzájem ze svých pokroků.

1. Fyzické – díky své hmotné povaze je nejvíce zřejmá jejich podstata, jsou nejsnáze identifikovatelné.

Aditivní výroba (AM, additive manufacturing) – je výrobní proces, při kterém výrobek vzniká postupným nanášením materiálu v jednotlivých vrstvách, které se vzájemně spojují například tavením nebo lepením (na rozdíl od obrábění materiálu, kdy se z celistvého bloku materiál odebírá). Na rozdíl od konvenčních způsobů výroby, jako je třeba třískové obrábění, lze 3D tiskem vyrábět i velmi komplikované tvary a zpracovávat těžkoobrobitelné materiály (dnes lze tisknout už z kovu, skla či buněk). Tento způsob výroby je dnes běžně označován termínem 3D tisk.²²⁹ Jako jeden z typů digitální výroby má značný význam v průmyslu. Firmám pomáhá nejen při výrobě prototypů, které mohou vznikat při nižších nákladech a vyšší rychlosti (odtud také další označení „rapid prototyping“), ale čím dál více firem začíná tisknout celé díly, a to zvláště v automobilovém a leteckém průmyslu, kde se už montují do sériových modelů aut či letadel.²³⁰

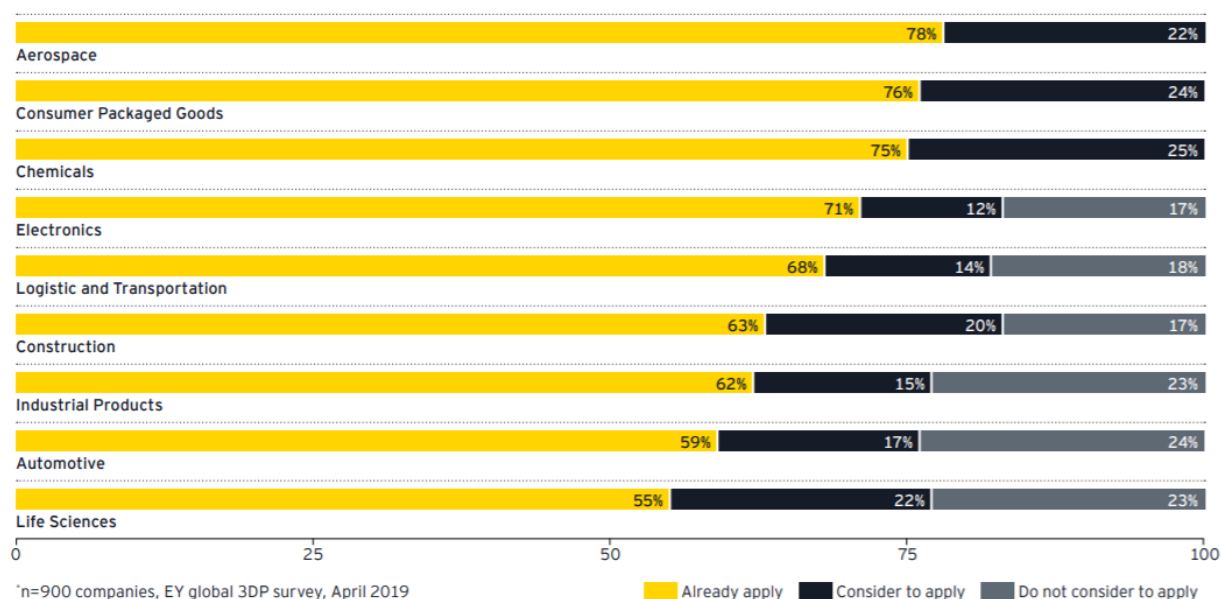
²²⁷ Přehled klíčových technologií byl sestaven v dubnu roku 2020, popsaný stav technologií odpovídá tomuto datu.

²²⁸ Viz Schwab, K.: *The Fourth Industrial Revolution*, Portfolio Penguin, London 2017

²²⁹ Označení 3D tisk má stejný význam jako aditivní výroba, nicméně používá se častěji v souvislosti se stolními 3D tiskárnami, zatímco aditivní výroba je pojem používaný pro průmyslové stroje a procesy. Aditivní výroba je souhrnné označení všech rozličných způsobů 3D tisku. Americká norma ASTM F42 je rozlišuje do 7 skupin na fotopolymerizaci, vstřikování materiálu, vstřikování pojiva, vytlačování materiálu, tavení prášku, laminování a řízené navrhování. Nejpoužívanější a nejjednodušší technologií je „FDM“, při které objekt vzniká natavováním vrstvy po vrstvě tenkého proužku plastového materiálu. Dle <https://www.3d-tisk.cz/wiki/aditivni-vyroba/>.

²³⁰ Digitální výroba označuje proces, ve kterém je výrobek vytvářen na základě počítačových CAD dat. Může zahrnovat 3D tisk stejně jako CNC obrábění nebo další technologie. Digitalizace výroby je jedním z pilířů Průmyslu 4.0.

Experience of AM technologies per industry 2019 (%)*



Zdroj: EY, 2019

V chytrých továrnách jsou 3D tiskárny běžnou záležitostí, jsou propojeny s IoT a dalšími cutting-edge technologiemi.²³¹ 3D tisk má široké uplatnění, kromě výrobního a strojírenského průmyslu (zejména leteckého a automobilového) je jeho hlavním současným trhem energetika, zdravotnictví (výroba anatomických modelů, protetických pomůcek, funkčních implantátů z kov, operačních a tréninkových pomůcek) a kosmický průmysl.²³² Objevuje se už ve stavebnictví, potravinářství a umění a kreativních profesích, protože dovolují tvarovou svobodu a materiálovou pestrost. Ve stavebnictví, které je

²³¹ Příkladem může být chytrá továrna společnosti GE v Ohio, kde se vyrábí největší proudový motor na světě, viz <https://www.ge.com/reports/inside-ge-brainy-factory-of-the-future-what-happens-when-you-link-3d-printing-and-the-internet/>. Společnost pracuje na vývoji řady dalších 3D tiskových systémů, například rozšiřuje technologii 3D tisku z palivové trysky pro letecké motory na motor Advanced Turboprop, který s konvenčním výrobním postupem snižuje počet dílů z 855 na 12.

²³² Americká kosmická společnost [Relativity Space](#) plánuje vyslat v roce 2021 do vesmíru svou raketu Terran 1, která bude vyrobenou pomocí největší [3D tiskárny na světě](#), určené pro konstrukci předmětů z kovu. V kosmu je omezená kapacita a nákladná doprava, proto je logickým a úsporným řešením vyvézt tam menší množství materiálu a součástku vyrobit operativně na místě, když je jasné, co přesně a v jakém množství je potřeba. NASA ve spolupráci s firmou Made in Space vyrobila speciální tiskárnu, která funguje v prostředí mikrogravitace a která je schopná vyrobit součástky přímo v kosmu. 3D tisku se od roku 2018 využívá například na Mezinárodní vesmírné stanici ISS. Nově tam je i recyklační přístroj, který také vyvinula Made in Space společně s brazilskou chemičkou Braskem. Recyklátor dovede proměnit plastový odpad a opotřebované díly na výchozí surovinu, kterou lze znovu využít jako materiál pro 3D tiskárnu. Řešení otázky stravování nabízí přístroj, který bude přímo v kosmu vyrábět čerstvé maso. Ruská laboratoř 3D Bioprinting Solutions ho společně s izraelskou laboratoří Aleph Farms nedávno úspěšně otestovala na Mezinárodní vesmírné stanici. Základ pochází ze skutečného zvířete ze Země, kterému vědci odeberou několik svalových buněk. Posádka stanice je pak vloží do tiskárny, která vytváří příznivé prostředí, dodává buňkám živiny a ty se mohou množit. Už v roce 2020 Evropská kosmická agentura ve spolupráci s architektonickou kanceláří Foster + Partners pracovala úspěšně [na projektu tisku základny na Měsíci](#) z měsíčního prachu a hornin (tzv. regolitu). Zkušební tiskárna zvládla vytisknout objekty 2 metry vysoké za hodinu, ale dokonalejší verze by měla zvládnout až 3,5 metru za hodinu. Menší základna by tak byla postavena za týden. Řada společností dnes reálně uvažuje o výstavbě lunární základny s permanentním osídlením. Základna by poskytovala stálé vědecké pracoviště a sloužila by jako řídicí centrum těžby minerálů na Měsíci a v jeho okolí a jako základna pro další výzkumné lety do vesmíru. Podle [vize společnosti ispace](#) začnou na vhodné místo na Měsíci létat automatizované přepravní rakety s vybavením pro stavbu základny – 3D tiskárny, rovery a moduly. Inženýři z ispace chtějí využít nejnovějších poznatků z oblasti umělé inteligence a naprogramovat je skupinovou inteligenci, aby jejich fungování nevyžadovalo zásahy lidského operátora. Z roverů a modulů vznikne automatizovaná těžařská a výrobní linka připravující materiály a obytné struktury pro obyvatele. Ti by se měli ve velkém do nové kolonie, pracovně nazvané [Měsíční údolí](#), nastěhovat v roce 2040, kdy ispace počítá s ubytovací kapacitou pro tisíc lidí a 10 tisíc návštěvníků.

v oblasti návrhu již plně digitalizované (včetně výroby modelů 3D tiskem),²³³ technologie 3D tisku pronikají do stavební výroby samotné, a to v kompletačních konstrukcích (tisk topologicky optimalizovaných styčnicků fasád nebo obkladových a podhledových panelů), v interiérech (tisk atypických svítidel nebo mobiliáře) i v systémech TZB (atypické vodovodní baterie). V 3D tiskárnách vyvíjených pro oblast stavebnictví je využíváno široké spektrum materiálů, jejichž použití závisí na technologii tisku. Existující projekty využívají geopolymery, hlinu, sklo, kov, plasty, stavební recyklát, kompozitní materiály často s příměsí umělých nebo skelných vláken či cementovou maltu. Většina výstavby a investic se koncentruje v Číně a především ve Spojených arabských emirátech, kde stojí v současnosti největší vytištěná budova světa.²³⁴ V Dubaji, jejíž vedení vidí v 3D tisku budoucnost města, chtějí docílit toho, aby již v roce 2030 byla čtvrtina nově stavěných domů realizována pomocí 3D tisku.²³⁵ V Evropě naráží 3D stavby mimo jiné na přísná environmentální a bezpečnostní pravidla, problém neexistence technických norem a s tím související byrokratické překážky. I přes tyto komplikace zde však v posledních letech vyrostlo několik pilotních staveb.²³⁶ Technologie 3D tisku je i přes současné nedostatky pokládána v oblasti stavebnictví za perspektivní. Má potenciál napomoci digitalizaci stavební výroby, a umožnit tak neomezenou realizaci počítačem optimalizovaných návrhů budov. Počet inovací se stále zvyšuje a je otázkou času, kdy bude zavedena do reálné stavební výroby.²³⁷ Společnost SmarTech Publishing, která se zaměřuje na analýzu vývoje průmyslových

²³³ Masivním rozšířením technologií počítačového navrhování v čele s CAD a po roce 2002 i nástupem BIM (Building Information Modelling) neboli informačního modelování staveb, což je proces vytváření, užití a správy dat o stavbě, jehož výsledkem je komplexní virtuální databáze informací o budově (informační model budovy) obsahující kromě třídimenzionálních geometrických charakteristik také informace o fyzikálních, statických, tepelně-technických, ekonomických i technologických vlastnostech objektů. Pro návrhy velkých budov dnes velké architektonické kanceláře běžně využívají parametrické a generativní navrhování. Parametrické navrhování spočívá v tvorbě geometrie počítačem prostřednictvím architektem sestaveného skriptu s volitelnými parametry, který v sobě uchovává celou historii návrhu a umožňuje výslednou geometrii modifikovat změnou parametrů. Při generativním navrhování je výsledná forma generována algoritmem na základě okrajových podmínek, fyzikálních parametrů a předem zadaných podmínek jako je cena, hmotnost, konstrukční materiál apod. Jedním z cílů tohoto přístupu, napodobujícího přírodní principy evoluce živých organismů, může být topologická optimalizace, tj. optimalizace vnějšího tvaru i vnitřní struktury průřezu tak, aby byl materiál podobně jako např. v kostech obratlovců maximálně využit. Technologie 3D tisku usnadňuje produkci zakřivených betonových komponentů, které na rozdíl od konvenčně vyrobených komponentů mohou být vyrobeny z dutých center, což je velmi praktické například při zavádění elektroinstalace. Výhodami technologie 3D tisku nejsou pouze rychlost a detailní přesnost výstavby, oproti konvenčním technologiím produkuje také nižší podíl odpadu a šetří náklady. Všechny nevyužitý materiál je recyklovatelný, což má velice příznivý dopad na náklady a hlavně na životní prostředí. 3D tisk má také velký potenciál pro využívání ekologických materiálů, mezi které můžeme zařadit například bio-plasty.

²³⁴ [Budova](#) stojí v oblasti Al Warsan, je vysoká 9,5 m a má rozlohu 640 m². Podle zveřejněných údajů ji stavělo o polovinu méně pracovníků, než kolik by bylo třeba při konvenční výstavbě. Zároveň vzniklo o 60 % méně odpadu a přibližně o 60 % klesly celkové náklady. Stavba vznikla přímo na místě pomocí 3D tiskárny a splňuje všechny místní konstrukční normy. Budova měla otestovat možnosti tiskárny, projekt proto zahrnoval i různé křivky a neobvyklé tvary konstrukce. Na stavbě se podílela společnost Apis Cor patřící k nejvýznamnějším hráčům v oboru, která v roce 2017 postavila malý domek kruhového půdorysu nedaleko Moskvy.

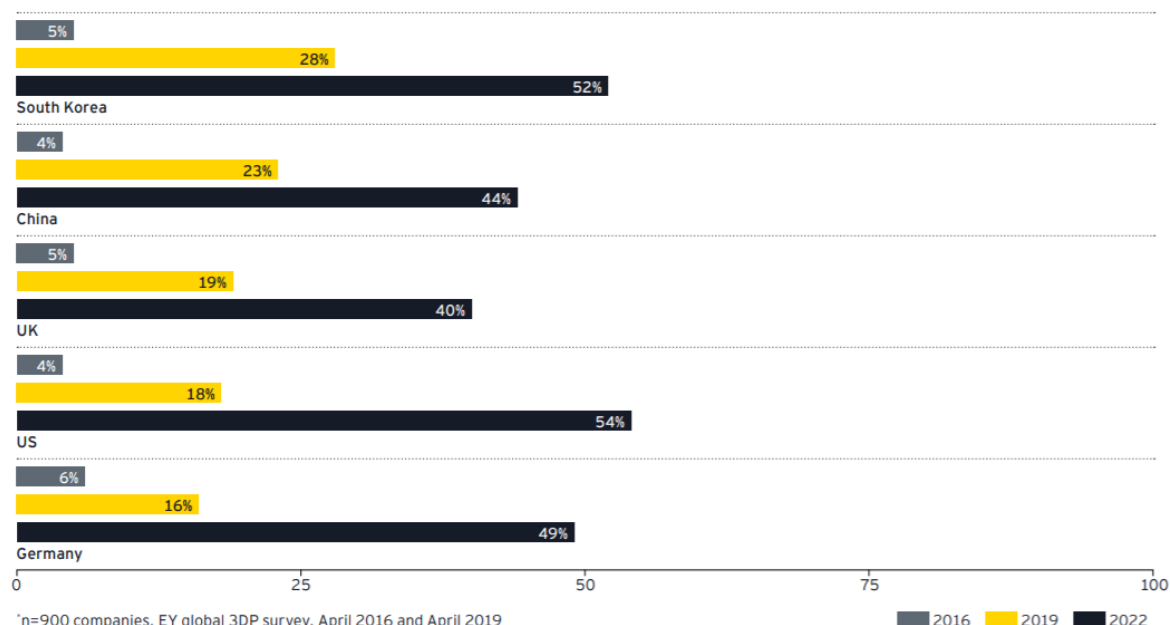
²³⁵ [Futuristický kancelářský komplex](#) v Dubaji z roku 2016 slouží jako sídlo dubajské Nadace budoucnosti (Dubai Future Foundation). Jedná se o plně funkční komplex vybavený veškerými sítěmi a klimatizací. Projekt navrhla společnost Gansler a zhotovila ho čínská společnost Winsun, která jednotlivé díly vytiskla ve své šanghajské továrně (obří 3D tiskárna s výškou 20 metrů, šířkou 10 m a délkou 40 metrů) a poté převezla do Dubaje. Projekt snížil mzdové náklady na pracovníky při výstavbě o 50 až 80 % ve srovnání s konvenčním postupem a stavební odpad o 30 až 60 %. Tisk stavebních dílů trval 17 dní, instalace na místě zabrala asi 2 dny. Tento projekt odstartoval dubajskou stavební 3D revoluci a v regionu vyústil v obrovskou vlnu zájmu o tuto technologii. Dubaj plánuje vystavět i první mrakodrap postavený pomocí 3D tisku, viz <https://3dprint.com/167667/3d-printed-skyscraper-dubai/>.

²³⁶ První úředně schválenou a povolenou stavbu v Evropě postavila dánská společnost COBOD International. Zároveň také přišla s výkonnou tiskárnou BOD2, která zvládne tisknout rychlostí 1 m za vteřinu. Drobný [domek BOT](#) (Building on Demand) neobsahuje žádné přímé stěny, rovnými prvky jsou pouze okna a dveře. Dokonce i jeho základy jsou částečně vytištěny pomocí 3D tiskárny. V holandském Eindhovenu nyní staví společnost Van Wijnen residenční domy v [Projektu Milestone](#), 1. z nich by měl být dokončen v létě roku 2020.

²³⁷ Viz <http://www.earch.cz/cs/stavitelstvi/technologie-3d-tisku-v-architekture-stavebnictvi>.

trendů, v roce 2018 předpověděla kontinuální růst odvětví 3D tisku ve stavebnictví až na 40 miliard dolarů v roce 2027 (včetně ročního příjmu z prodeje hardwaru ve výšce 1,6 miliardy dolarů).²³⁸

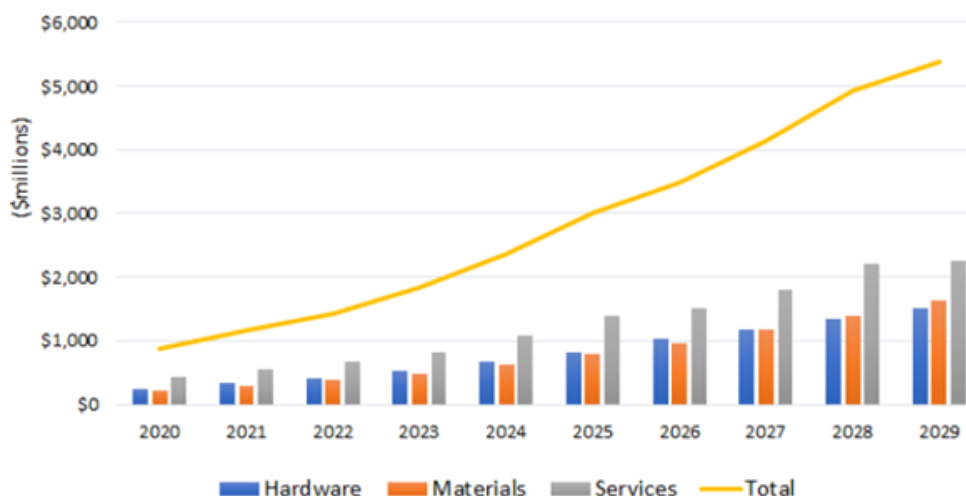
Use of AM for making end products 2016, 2019 and 2022 (forecast) (%)*



Zdroj: EY, 2019

Aditivní výroba obecně má nesporně velký potenciál. Nasazení 3D tisku prokazatelně vede k úsporám ve výrobě a rychlejšímu uvádění produktů na trh. Další z výhod je například menší chybovost, flexibilita, možnost lokální výroby dle potřeby či nové možnosti v rámci tvarové svobody. Všechny tyto výhody odpovídají hlavním trendům současného technologického vývoje (digitalizace, přizpůsobivost, demokratizace, lokálnost, flexibilita, rychlost), 3D tisk tak je akcelerátorem inovací. Jeho využití v sériové výrobě se proto bude nadále rozšiřovat a počet firem využívajících tuto metodu výroby stoupat, jak konstatuje i studie společnosti SmartTech Analysis.²³⁹ Její zpráva, uveřejněná v roce 2020, předpovídá, že příjmy spojené s aditivní výrobou dosáhnou v roce 2029 5,48 miliardy dolarů.

Total AM Revenues In General Industry and Tooling 2020-2029

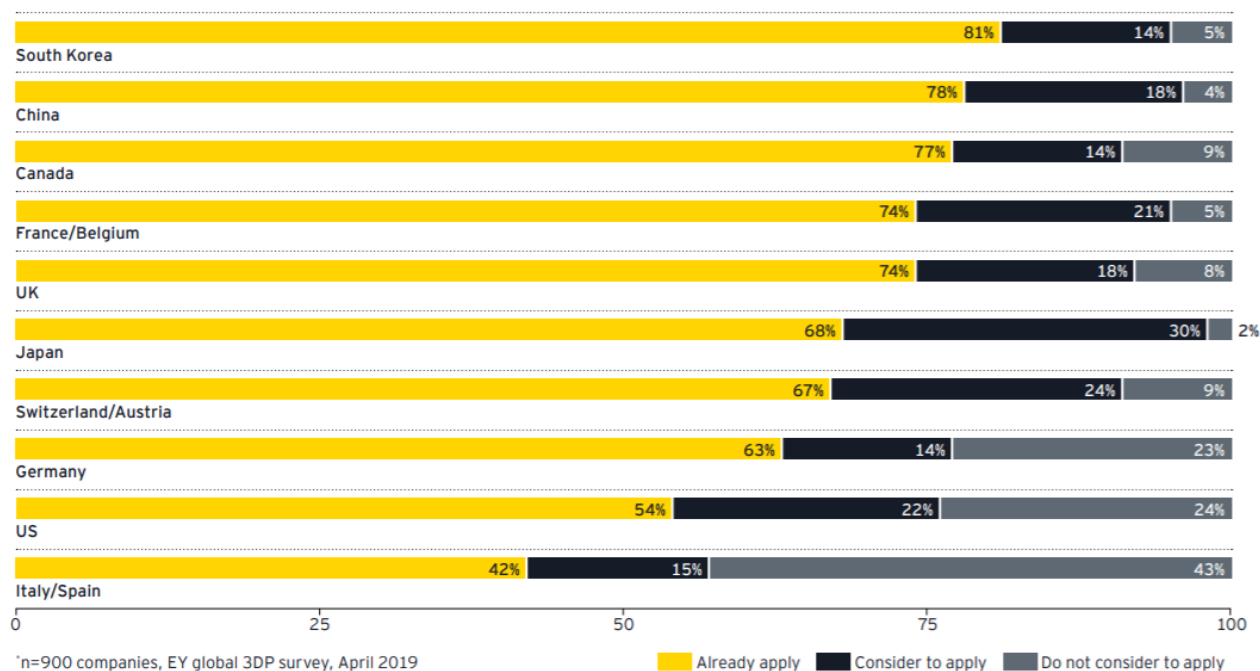


²³⁸ Dle <https://www.smartechanalysis.com/news/construction-industry-3dp/>.

²³⁹ Dle <https://www.globenewswire.com/fr/news-release/2020/03/10/1998251/0/en/Additive-Manufacturing-for-General-Industry-and-Tooling-Market-to-Reach-5-48-Billion-in-2029.html>.

Nejrychleji se technologie aditivní výroby adaptovaly v asijských zemích (zejména Jižní Koreji a Číně), naopak Německo a USA ze své silné pozice ustoupily.²⁴⁰

Experience of AM technologies per country 2019 (%)



Zdroj: EY, 2019

Česká republika dosahuje podle odborníků v oblasti nástupu 3D tisku rozporupných výsledků. Je zde vysoká penetrace stolních 3D tiskáren (a to také díky popularitě [Josefa Průši](#)), aditivní výroba je již rozšířena i v univerzitním prostředí,²⁴¹ s aplikací průmyslových řešení je to však horší. Firmy byly desítky let zvyklé využívat konvenční technologie pro výrobu plastů a 3D tisk mají zafixovaný jako levnou stavebnici vhodnou pro občasné prototypování nebo zhotovení pár přípravků. Situace se ale i zde začíná pomalu zlepšovat. Největší zastoupení našel 3D tisk v automobilovém průmyslu. Škoda Auto využívá 3D tisku (kromě oblasti vývoje) také v sériových podmínkách. Nikoli však k výrobě samotných dílů určených do automobilů, ale k výrobě přípravných dílů. Zařazení 3D tisku pro výrobu dílů vstupujících přímo do výroby automobilů se dá očekávat pouze u konstrukčně velmi náročných nebo náhradních dílů.²⁴² České společnosti [Prusa Research](#) dnes patří desetina světového trhu s 3D tiskárnami a má tržbu dvě miliardy korun. Průšovy výrobky, které z velké části vznikají replikací (plastové součástky nových tiskáren tisknou jiné 3D tiskárny) mají špičková hodnocení a prodávají se do celého světa. Deloitte ji opakovaně zařadil mezi nejrychleji rostoucí mladé firmy v Evropě,

²⁴⁰ Dle [Global EY report 3D printing: hype or game changer?](#)

²⁴¹ V rámci mezinárodního projektu FabLab v roce 2017 otevřelo NETME Centre ve spolupráci s Odborem reverzního inženýrství a aditivních technologií Ústavu konstruování FSI VUT „otevřenou dílnu“ strojLAB, která mimo elektrodílnu (pracoviště s pájkami, osciloskopy a elektrickým nářadím), mechanickou dílnu (CNC frézka, pila, bruska, vrtačka) nabízí také 3D tiskárny, 3D scanner, laserovou řezačku a řezací plotter. Na VSB-TUO byla vybudovaná laboratoř aditivní výroby ve spolupráci s britskou společností Renishaw. Labortoř se zaměřuje na 3D tisk kovů při využívání stroje Renishaw AM400 využívající technologii SLM za použití QuantAM softwaru. Také Univerzita Palackého v Olomouci otevřela na počátku roku 2016 centrum aditivních technologií Uprint 3D ve svém Vědeckotechnickém parku. Tato laboratoř má k dispozici technologii pro spékání kovových prášků laserem (tiskárna Concept Laser M2 cusing), nanášení roztaveného termoplastu FDM (tiskárna Stratasys Fortus 250mc, MakerBot Replicator 2X), technologii nanášení vytvrditelného kapalného polymeru Polyjet (tiskárna Stratasys Objet30) a selektivní laminace potiskovaného papíru (SDL) na tiskárně Mcor IRIS. Mimo výše jmenované univerzity je 3D tisk zastoupen také na dalších univerzitách. Dle Bezděk J.: *Stav 3D tisku a jeho využití v České republice*, bakalářská práce, VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Ostrava 2018.

²⁴² Dtto

prestižní magazín [MIT Technology Review](#) **Průšu označil** za jednoho z největších inovátorů současnosti. Unikátní technologii 3D tisku, založenou na stereolitografii využívající světlocitlivé pryskyřice, využívá i startup Cotu, který vznikl v roce 2015. Našel volné místo na trhu, když začal nabízet firmám prototypovací služby (pár prototypovacích studií dle slov jeho zakladatelů bylo a stále je vytiženo prací pro automobilový a letecký průmysl). Začali také spolupracovat s nadnárodním chemickým koncernem BASF a plánují produkci hotových výrobků. Zaměřují se na 3D tisk pro nejnáročnější klienty, kteří chtějí dokonalou maketu, prototyp, pozitiv formy – takzvaný mastermodel (nebo rovnou hotové výrobky). Klienti jsou většinou malé a střední firmy, například šperkaři, zubní laboratoře, výrobci naslouchátek, filmová studia, reklamní agentury, vynálezci (dnes označováni jako „makeři“) a podnikatelé. Konkurence v oblasti 3D tisku je v České republice velká, trh 3D tisku je poměrně nasycený.

3D tisk však není odpovědí na všechny výrobní problémy a nepřevzme veškerou výrobu. Aby se aditivní výroba posunula dál, je potřeba ji vylepšit. Přispět by k tomu mohla i nová metoda takzvaného 4D tisku, na které se intenzivně pracuje v předním světových laboratořích (MIT, ETH, Harvardu či v Honkongu). 4D tiskem se myslí zhotovení 3D produktu, který se později může měnit, přetvářet. Čtvrtou dimenzí je tedy čas, zatímco produkt sám o sobě se zhotoví na běžných 3D tiskárnách. Rozdíl je tak pouze v materiálu použitém pro tisk – zatímco běžný materiál po 3D tisku nemění svůj tvar, materiál pro 4D tisk je „předprogramován“ pro určité změny, které nastanou později působením určitého stimulu. Příkladem je například materiál, který v reakci na teplotu deformuje tvar produktu. První produkty zhotovené pomocí 4D se přetváří v reakci na vodu, tlak, teplotu, gravitaci a vzduch. Technologie 4D tisku umožní výrobu elektronických součástek na plastové fólii s pomocí organických tenkovrstvých tranzistorů, zhotovených z vodivých polymerů. Tisk objektů ve více dimenzích bude zásadní nejen pro rychlost výroby, ale také pro rozvoz a skladování. Velké uplatnění 4D tisku se podle vědců očekává zejména v letectví a kosmonautice, medicíně anebo také ve ventilačních systémech. V oblasti výzkumu 3D tisku se už objevují i nové typy tiskáren, které svou technologií překonávají omezení těch stávajících. Jedna například využívá světlo k přeměně tekutin na složité pevné předměty během několika minut a požadovaný tvar vytiskne „najednou“, ne vrstvu po vrstvě, jak tomu bylo dosud. Počítač nejprve rozloží trojrozměrný počítačový model objektu na dvojrozměrné snímky z mnoha různých úhlů. Ty pak běžný projektor promítá v odpovídajících pohledových úhlech do průhledné válcovité nádoby, která je naplněna kapalným akrylátem (syntetickou pryskyřicí) a otáčí se v souladu s právě promítaným snímkem. Při otáčení nádoby s kapalnou pryskyřicí lze nezávisle řídit množství světla přijaté libovolným bodem, a když množství světla v konkrétním bodě přesáhne určitou mez, kapalina v nádobě ztuhne. Dochází k tomu proto, že kapalný akrylát absorbuje fotony a jakmile jejich množství přesáhne určitou hranici, začne polymerovat. Molekuly pryskyřice se při polymeraci spojují do delších řetězců a vytvářejí pevný plast. Využití fotopolymerního procesu při 3D tisku slibuje do budoucna oproti stávající technologii větší flexibilitu i kvalitu. Tato tiskárna, nazývaná vědci Replikátor (z legendární série StarTrek, kde existují stroje, které umí materializovat prakticky jakýkoli neživý objekt), může vytvářet objekty, které jsou flexibilnější, oblejší a složitější. Může také zakrýt již existující objekt novým materiálem, například přidáním rukojeti do kovové šachty šroubováku, což současné tiskárny trápí. Vědci tvrdí, že tato technologie má potenciál transformovat zejména výrobu zdravotnických pomůcek.²⁴³ Fyzici z Harvardovy univerzity a z ETH v Curychu vyvinuli v roce 2018 „akustický tisk“, novou metodu, která využívá akustických sil a umožňuje tisknout mnoho nejrůznějších materiálů, včetně potravin nebo biofarmak. Umístili tiskové trysky do akustických komůrek o velikosti menší, než je vlnová délka. To jim umožnilo jednoduchým převodníkem vytvořit kolem hrotu trysky přesně lokalizované zvukové pole. Přitom se generují až stokrát větší síly, než je gravitační síla, takže akustické pole vypuzuje kapičky kapaliny ven z trysky. Velikost kapiček, které vytékají z trysky, se dá ovládat nastavením amplitudy zvukových vln. Když amplituda roste, velikost kapiček klesá. To umožňuje rozdělit proces oddělování kapiček a toku kapaliny. Touto metodou dokázali fyzici řídit velikost kapiček v intervalu průměrně 100 – 1000 mikrometrů. Tiskli například kapičky medu na bílou čokoládu, soubory

²⁴³ Viz <https://news.berkeley.edu/2019/01/31/new-3d-printer-uses-rays-of-light-to-shape-objects-transform-product-design/>. Také švýcarská Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) vyvíjí techniku fotopolymerního tisku, viz <https://www.czechsight.cz/svycarsti-vedci-vytvorili-rychlejsi-a-jemnejsi-zpusob-3d-tisku/>.

mikročoček a kapalné kovy. Podle výzkumného týmu bude nová technologie užitečná hlavně v potravinářském, farmaceutickém nebo materiálovém průmyslu.²⁴⁴

Pokročilá robotika – rozvoj robotiky²⁴⁵ je spojen s třetí průmyslovou revolucí, podle svého účelu bývá dělena na průmyslovou a experimentální. Roboty lze potom ze své podstaty rozdělit na dvě základní skupiny – manipulátory a humanoidní roboty.²⁴⁶ Donedávna bylo využívání robotů omezeno pouze na přísně kontrolované úlohy ve specifických průmyslových odvětvích (například automobilovém průmyslu). Dnes se jejich užití rozšířilo napříč všemi sektory a pro široké spektrum úkolů, od zemědělství po ošetrovatelství, stěžejní úlohu však roboty²⁴⁷ stále hrají v průmyslové výrobě. Technologie RPA (robotická procesní automatizace) vylepšuje lidem profesní život – díky automatizaci opakujících se úkolů, které běžně zabírají velké množství času, se mohou lidé věnovat jiným věcem a firmám snižují náklady.²⁴⁸ Pokud chtějí firmy zůstat konkurenceschopné, přecházejí postupně na rychlejší automatizační technologie. Na poli průmyslové robotiky je momentálně nejskloňovanějším tématem kolaborativní robotika („[koboty](#)“), spočívající v přímé spolupráci člověka a robota,²⁴⁹ kamerové systémy (zejména pro 3D vision aplikace, „[Bin Picking](#)“) a rozvoj AI. Umělá inteligence se využívá v různých typech aplikací, jako jsou kamerové systémy, prediktivní údržba či zpřesnění trajektorie pohybu robota. Programování a instalace robotů je už díky ní také mnohem jednodušší - digitální senzory v kombinaci s inteligentním softwarem umožňují přímé výukové metody „programování demonstrací“ (programming by demonstration – člověk provede s robotem-učněm pohyby a data jsou pak softwarem transformována do digitálního programu robotického

²⁴⁴ Dle <https://www.matfyz.cz/clanky/1247-aktualita-z-fyziky-zvuk-pomaha-tisknout>.

²⁴⁵ Robotika jako nauka o robotech je součástí mechatroniky. První praktické aplikace byly teleoperátory pro manipulaci s nebezpečnými materiály (1940-1947). Poté už jde vývoj velmi rychle, roku 1949 je zahájen výzkum numericky řízených obráběcích strojů, v roce 1961 je dán do provozu první průmyslový robot UNIMATE u firmy General Motors, v roce 1964 jsou otevřeny laboratoře AI na předních univerzitách v USA, v roce 1968 je postaven na Stanfordu mobilní robot Shakey vybavený viděním, roku 1977 dává do prodeje zdařilé roboty evropská firma ASEA, v roce 1979 jsou uvedeny na trh roboty koncepce Selective Compliant Articulated Robot Arm (SCARA), průmyslové roboty se stávají běžným prostředkem automatizace manipulačních operací především v automobilovém průmyslu. Jsou masivně používány pro svařování plamenem, elektrickým obloukem, bodové svařování, nanášení barev a všude tam, kde je to pro člověka nebezpečné a zdraví škodlivé. Japonsko postupně předběhlo USA – ročenka OSN v roce 2001 uvádí následující počty nasazených průmyslových robotů: 389 tisíc v Japonsku, 198 tisíc v EU a 90 tisíc v USA. Po roce 1980 začínají být první průmyslové roboty vybavovány počítačovým viděním, čidly hmatu a dalšími prvky, které zatím spadaly do oblasti výzkumu. V roce 1995 se objevuje první chirurgický robotický systém Zeus pro tzv. minimálně invazivní chirurgii, v roce 1997 je na Marsu vysazen robot Sojourner, v roce 2000 předvádí Honda svého humanoidního robota ASIMO a SONY své zoidy AIBO, roku 2006 představuje italská firma Comau první bezdrátové ruční ovládání Pendant (WiTP), v roce 2008 FANUC Robotics zahajuje výrobu největšího a nejsilnějšího robota M-2000iA, který unese 1200 kg, roku 2011 je do vesmíru vyslán první humanoidní robot Robonaut R2B a roku 2017 bylo [uděleno občanství](#) Sophii, humanoidnímu robotu firmy Hanson Robotics.

²⁴⁶ Robot je definován jako stroj, který vykonává svou činnost s určitou mírou samostatnosti předem naprogramovaným způsobem, od informačních systémů (počítačů) se liší vykonáváním fyzikálního vlivu na okolí. Roboty je možné dělit podle mnoha hledisek, podle konstrukčního provedení je lze rozdělit na stavebnicové (modulární) a nestavebnicové (nemodulární), podle generace na roboty 1. generace (s pevným programem), 2. generace (se senzory a čidly, systémem „oko-ruka“), 3. generace (inteligentní roboty – elementy AI dávají robotu schopnost přizpůsobovat, učit se a samostatně řešit, zadává se pouze cíl, způsob je nechán na inteligenci řídicího systému) a 4. generace (autonomní, se sociálním chováním), podle vykonávané činnosti na průmyslové (užívané pro výrobu produktů) a servisní (užívané při obslužných činnostech v průmyslu nebo službách). Adaptivní robot se dokáže přizpůsobovat prostředí díky zabudované zpětné vazbě, kognitivnímu robotu je zadán pouze cíl činnosti a plán si musí vytvořit sám a konativní je nejvyšším předpokládaným stupněm, cíl už volí sám.

²⁴⁷ V češtině se vyvinuly dva způsoby skloňování podle charakteru robota, pro inteligentní nebo humanoidní roboty se zpravidla používá životné skloňování podle vzoru pán, pro průmyslové a jiné člověku nepodobné roboty se používá spíše neživotné skloňování podle [vzoru hrad](#).

²⁴⁸ Mnoho podniků ji však podceňuje, a to je pravděpodobně jeden z hlavních důvodů, proč poradenská společnost Ernst & Young zjistila, že 30-50 % počátečních projektů RPA nakonec selže. Nejedná se však o odraz technologie RPA nebo její schopnosti, ale důsledek toho, že se podniky pustí do akce ještě dříve, než se připraví na zvýšenou autonomii softwaru a automatizace, viz <https://factoryautomation.cz/bariery-prumyslove-automatizace/>.

²⁴⁹ O bezpečnosti viz <https://automatizace.hw.cz/jak-bezpecne-zaclenit-koboty-na-prumyslove-pracoviste.html>.

ramene). V budoucnu umožní pokrok strojového učení (ML, machine learning) robotům učit se metodou pokus-omyl nebo videoukázkou s vlastní optimalizací pohybu. Chytré stroje budou využívat kognitivní technologie, umělou inteligenci, inteligentní automatizace, strojové učení a hluboké učení. Na rozdíl od minulosti, kdy musely být programovány prostřednictvím autonomní jednotky, mohou nyní roboti přistupovat k informacím vzdáleně prostřednictvím cloudu, a spojit se tak v síti s dalšími roboty. Průmyslové roboty jsou ústředními součástmi digitální a síťové výroby používané v Průmyslu 4.0. Takzvaná "OPC Robotics Companion Specification", kterou vyvinula společná pracovní skupina Mechanical Engineering Industry Association (VDMA) a Open Platform Communications Foundation (OPC), definuje standardizované obecné rozhraní pro průmyslové roboty a umožňuje průmyslovým robotům připojit se k průmyslovému internetu věcí (IIoT). Digitální konektivita robotů například cloudovou technologií také umožňuje rozvíjet nové obchodní modely jako je leasing robotů, jehož výhody by mohly být atraktivní obzvláště pro malé a střední podniky. Nová zpráva Mezinárodní robotické federace (IFR) z roku 2019 ukazuje, že prodej v oblasti průmyslové robotiky dosáhl v roce 2018 nového rekordu – 16,5 miliard dolarů. Celosvětově bylo dodáno 422 tisíc kusů robotů, což je nárůst o 6 % oproti roku 2017. [IFR předpovídá](#), že údaje za rok 2019 nedosáhnou této rekordní úrovně, očekává však roční 12% růst v letech 2020 až 2022, kdy očekává instalaci 2 milionů nových průmyslových robotů. Po celém světě v současnosti operuje více než 2,4 milionu průmyslových robotů (30 % v automobilovém průmyslu, 25 % v elektrotechnice a 10 % v kovovýrobě). S průměrem 114 jednotek na 10 tisíc zaměstnanců je Evropa ve zpracovatelském průmyslu regionem s nejvyšší hustotou robotů na světě. Z evropských zemí je leaderem Německo (s výraznou převahou v automobilovém průmyslu), které má 338 jednotek na 10 tisíc zaměstnanců, následováno Švédskem, Dánskem, Itálií a Belgií.²⁵⁰ Světovými leadery jsou Jižní Korea,²⁵¹ Japonsko a USA.²⁵² Stoupá také prodej profesionálních servisních robotů, počet prodaných kusů v roce 2018 vzrostl oproti roku 2017 o 61 % na více než 271 tisíc jednotek.²⁵³ Logistické systémy, jako jsou autonomní naváděcí vozidla (AGV), představují největší podíl na trhu robotů pro profesionální služby (41 % prodaných jednotek). Druhou největší kategorií jsou roboty pro kontrolu a údržbu (39 % prodaných jednotek). Tyto dva segmenty představují 80 % celkového podílu na trhu. Trend k využívání logistických systémů v nevýrobních odvětvích byl poháněn potřebou skladových řešení pro velké online obchody. Silný potenciál uplatnění robotů je také v nemocnicích. Prodej zdravotnických robotů se neustále zvyšuje, představují nyní 31 % z celkové prodejní hodnoty profesionálních servisních robotů, zároveň jsou nejdražšími servisními roboty s průměrnou cenou 548 tisíc dolarů za jednotku. Pro asistenční roboty představuje značný potenciál také poptávka stárnoucí společnosti v Evropě a Asii po ošetřovateli.²⁵⁴ Prodej zemědělských robotů tvoří poměrně malou část prodeje, ale díky postupnému zavádění „[precizního zemědělství](#)“ (automatizaci pěstování plodin a chovu) a chytrých technologií se očekává, že poroste v průměru o 50 % ročně. Vysoký potenciál růstu vidí experti také v prodeji exoskeletonů, které podporují ergonomiku a snižují fyzickou zátěž pracovníků. Evropané a američtí výrobci servisních robotů hrají na trhu pro profesionální použití klíčovou roli, oba regiony mají zhruba 45% podíl na trhu. Americké společnosti jsou velmi silné v logistických systémech, zatímco evropské společnosti dominují v oblasti lékařské robotiky. Zemědělské roboty vyrábějí především evropské a asijské společnosti, oba regiony opět s 45% podílem. V souvislosti s nárůstem počtu robotů a zlevňováním vůči lidské práci se řeší problém zdanění, který vyvolává řadu otázek,²⁵⁵

²⁵⁰ Dle [FACTS about ROBOTS – worldwide](#), International Federation of Robotics, 2020.

²⁵¹ Viz <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/korea-hits-new-record>.

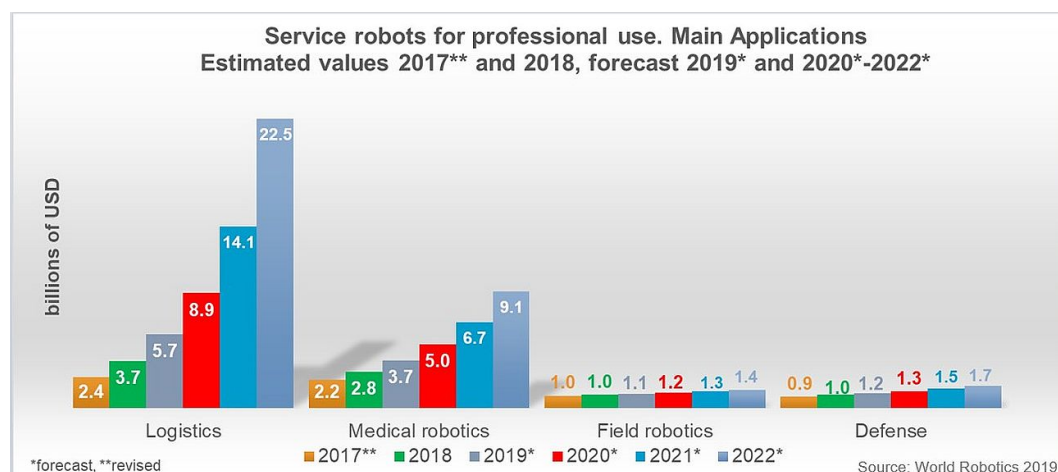
²⁵² Největší současní výrobci průmyslových robotů na světě jsou japonské firmy FANUC (ta je největším výrobcem průmyslových robotů vůbec, za více než 60 let své existence nainstalovala přes 480 000 robotů, současně zabrala 50% podíl na světovém trhu s NC zařízeními a CNC stroji), Yaskawa (je na trhu více než 100 let a patří mezi přední světové výrobce SCARA robotů, nainstalovala jich už 400 000), švédská firma ABB (od svého založení v roce 1891 nainstalovala 300 000 robotů) a Kawasaki Robotics (dceřiná společnost japonské Kawasaki Heavy Industries Ltd. se sídlem ve Velké Británii dodává průmyslové roboty proslulým značkám, jako je Toyota, Jaguar Landrover, Aston Martin nebo Heinz, na světě je instalováno už více než 110 000 robotů této značky).

²⁵³ Dle [Service Robots: Global Sales Value Reaches 12,9 billion USD](#), International Federation of Robotics, 2019.

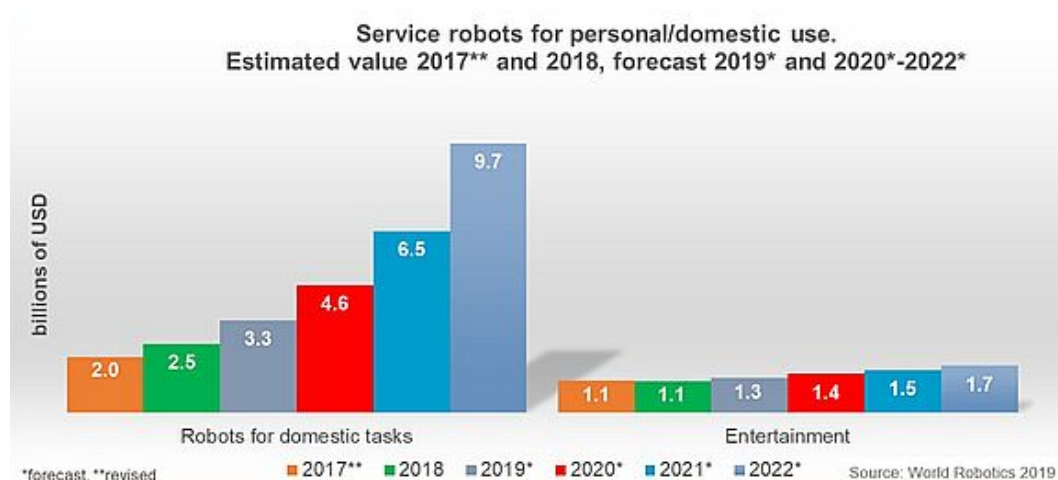
²⁵⁴ Roboti mohou pomáhat i se začleněním do společnosti dětem s diagnostikovanou poruchou autistického spektra, viz <https://www.czechsight.cz/roboti-pomahaji-detem-s-autismem/>.

²⁵⁵ Například jak vhodně vymezit pojem robot? Zatímco o robotech v automobilovém průmyslu není pochyb, chatbot pochyby vyvolává, navzdory tomu, že rovněž nahradil zaměstnance vykonávající rutinní činnosti. Dále je

přístup ke zdanění robotů je proto nutné koordinovat na mezinárodní úrovni. Systémovým řešením robotizace je především vzdělání a vytvoření podmínek pro vznik profesí s vysokou přidanou hodnotou (viz kapitola Ekonomické faktory).



Současně se rychle rozvíjí trh domácích robotů. Předpokládá se, že prodej všech typů robotů pro osobní a domácí potřebu by mohl v roce 2022 dosáhnout 61,1 milionu kusů s odhadovanou hodnotou 11,5 miliardy dolarů. Jedná se převážně o autonomní sekačky na trávu, bazénové čističe a vysavače, dále o roboty pro zábavu a hry a vzdělávací roboty. Výhled IFR tak předpovídá výrazný nárůst prodeje jak profesionálních, tak osobních servisních robotů.²⁵⁶



Rychlý rozvoj robotiky povede dále k tomu, že se v budoucnu interakce lidí s roboty stane každodenní realitou. Předpokládá se příchod generace „konativních robotů“ se sociálním chováním, tedy robotů, kteří si budou sami uvědomovat a plánovat, co je v určitém okamžiku potřeba udělat a jejich chování bude velmi podobné (až identické) chování člověka. Pokroky v senzorech umožňují robotům pochopit a lépe reagovat na prostředí a zapojit se do širokého spektra úkolů, jako jsou náročnější domácí práce. Také ve vývoji humanoidní robotiky²⁵⁷ je celosvětovou špičkou Japonsko, kde můžeme vidět

otázkou, na co by měla daň cílit, zda má odrážet počet robotů, podíl robota na výstupu, pořizovací cenu či něco jiného? V neposlední řadě je na místě obava, zda jakákoliv forma zdanění v malé, průmyslově založené exportní ekonomice nezpůsobí větší škody než žádná forma zdanění.

²⁵⁶ Dle [Service Robots: Global Sales Value Reaches 12,9 billion USD](#), International Federation of Robotics, 2019.

²⁵⁷ Za nejdokonalější humanoidní roboty jsou pokládáni [ASIMO](#), jehož výrobcem je Honda, [Pepper](#), který umí jako první robot rozpoznávat lidské emoce (oba jsou navrženi jako roboti společenští), [Valkyrie](#), na kterém spolupracuje NASA s University of Edinburgh a která byla navržena, aby na Marsu vystavěla habitaty před přiletem lidí, a [Atlas](#) společnosti Boston Dynamics.

roboty s lidskou tváří, kteří mluví nebo hrají na hudební nástroje.²⁵⁸ Rozvoj tohoto směru právě v Japonsku pramení jednak z demografické struktury jeho obyvatelstva, poznamenané citelným stárnutím, jednak ve společnosti hluboce zakořeněného šintoismu, založeném na animismu.²⁵⁹ Očekává se, že roboti v budoucnosti převzou i roli pečovateli.²⁶⁰ Protože tito roboti budou spolupracovat s lidmi a sdílet s nimi domácnost, snaží se vědci pracovat na jejich lidském vzhledu, myšlení i chování. Díky překotnému technickému pokroku jsou roboti adaptivnější a flexibilnější, jejich strukturální a funkční design je často inspirován složitými biologickými strukturami. Vývoj biomimetiky²⁶¹ pomáhá vědcům s těžko řešitelnými problémy,²⁶² využívají ji přední výzkumná pracoviště a společnosti ([MIT](#), [Boston Dynamics](#), Stanford, Harvard a další).

Rok 2019 se v České republice vyznačoval zvýšeným zájmem výrobních firem o nasazení robotů a kompletních robotických aplikací do provozů, jejich prodej zaznamenal 50% nárůst. Lze předpokládat, že tento trend bude pokračovat i v budoucnu. Složitější dostupnost levné pracovní síly a zpříšňování zákonů na zdraví a bezpečnost práce zaměřilo pozornost většiny manažerů velkých firem na robotizaci co největšího množství operací, tedy hlavně na náhradu manuálních činností automatickými prostředky. Neplatí však vždy, že použití robotů má rychlou finanční návratnost, zvláště pokud jde o malou kapacitu výroby. Nyní využívá automatizovanou výrobní linku jen každá desátá malá nebo středně velká firma. Narážejí totiž na nedostatek pracovníků, kteří s roboty umí pracovat. Malé a střední firmy fungují často na zakázkové výrobě a z kroku do neznáma mají strach. Bojí se, že když pořídí kvůli krátkodobé zakázce nového robota, nebudou ho pak schopné využít, až kontrakt skončí. S tím by měly pomoci technologické agentury, které by těmto podnikům pomohly se zavedením robotů do výroby. Na trhu ale tyto agentury chybí. Podle odborníků by tak měly vznikat firmy, které se necítí na to, aby něco vyráběly, protože nemají výrobní know-how, ale jsou schopné doporučit vhodnou technologii. Zavést robotizaci se v nadcházejících pěti letech chystá každá čtvrtá firma. Výrazně více chtějí investovat firmy s obratem nad 30 milionů korun ročně, každá čtvrtá taková firma plánuje za modernizaci utratit víc než pět milionů korun. Menší podniky naopak investují spíše do internetu, například každá třetí firma sleduje svou výrobu v mobilních nebo webových aplikacích.²⁶³

²⁵⁸ Jedním z leaderů v antropomorfním robotickém výzkumu je Univezita Waseda. Roku 2000 založila Humanoidní robotický institut (HRI), jehož výzkum se soustředí na vývoj robotů spolupracujících s lidmi. Zaměřuje se mimo jiné na vývoj WABOT-1, což je první plnohodnotný lidský robot. HRI představil více než 20 humanoidních robotů. V Japonsku jsou také oblíbení společníci roboti ve formě domácích mazlíčků. ([Aibo](#), [MIRO](#), [Paro](#) či [Zenbo](#)).

²⁵⁹ Animismus (z lat. *anima*, duše) je víra, která přisuzuje duši živým bytostem, neživým předmětům i místům.

²⁶⁰ Podle [prognózy](#) se dokonce do 25 let začnou běžně objevovat v domácnostech sexboti, což bude mít celospolečenský [dopad](#). Sexuální roboti jsou už nyní dostupní v provedení pro obě pohlaví.

²⁶¹ Biomimetika napodobuje vzory a strategie přírody, zkoumá konstrukční řešení v přírodě u živých organismů, snaží se je napodobit a využít k vývoji nových vynálezů a technických řešení. Její koncept vyvinul O. Schmitt, když během svého výzkumu vyvinul Schmittův klopný obvod tak, že studoval nervy v chobotnici a pokoušel se navrhnout zařízení, které replikovalo biologický systém šíření impulsů nervy. Postupně se soustředil na zařízení, která napodobují přirozené systémy a v roce 1957 svůj pohled, který kontrastoval se standardním pohledem na biofyziku, nazval biomimetika.

²⁶² Jedním z nich je například chůze. Společnost Boston Dynamics stálo 22 let výzkumu, opakovaných neúspěchů, miliardy dolarů a milionů řádků kódu, aby naučila chodit robota takovým způsobem, jako to umí člověk. Společnost Google v roce 2019 představila robota (ovšem čtyřnohého), který se naučil po dvou hodinách sám chodit, viz <https://arxiv.org/pdf/2002.08550.pdf>. Vědci z University of Southern California vyvinuli ve stejném roce robotickou nohu schopnou chůze bez předprogramovaných znalostí. Končetina používá algoritmus umělé inteligence, který se inspiroval biologií (zvířaty jako impala a pakoně, jejichž mladí se během několika minut po narození naučí běhat). Je postavena pomocí šlach, které jí umožňují po uklouznutí obnovit své postavení. Robot, který nepotřebuje rozsáhlé programování, má značné výhody, protože programátoři nemohou vždy předvídat všechny možné scénáře, v nichž by robot mohl skončit. In Marjaninejad, A., Urbina-Meléndez, D., Cohn, B. A. et al.: [Autonomous functional movements in a tendon-driven limb via limited experience](#), Nature Machine Intelligence 1, 144–154 (2019).

²⁶³ Dle https://www.irozhlas.cz/ekonomika/automatizace-robotizace-pracovnici-prumysl-firmy-asociace-malych-a-strednich_1906221145 dok

Nové materiály – lidskou civilizaci odedávna podepírají tři sloupy: materiály, komunikace a informace.²⁶⁴ Na materiálech je celá společnost kriticky závislá, vývoji nových materiálů a technologií jejich zpracování je celosvětově věnována vědecká pozornost ve všech vyspělých zemích.²⁶⁵ Stejně jako pokrok na poli technologie, i v této oblasti vědci dospěli k „chytrým materiálům“ (smart materials), tedy látkám, které mají schopnost rozpoznat změnu vnějších podmínek, jakými je stres, vlhkost, elektrická nebo magnetická pole, světlo, teplota, pH či chemické sloučeniny, a výrazně na ni reagovat definovaným způsobem, tak, jak vědci, kteří materiál připravili a postupně odzkoušeli, chtějí. Některé by měly mít i samoléčivé vlastnosti.²⁶⁶ Inteligentní materiály jsou základem mnoha aplikací, včetně senzorů, ovladačů nebo umělých svalů. Tradiční postup, jak se tyto materiály připravují, využívá nejmodernější vědecké metody ke studiu fyzikálních jevů přirozeně existujících v některých látkách a snaží se připravit materiály, které mají na základě těchto jevů schopnost reagovat na vnější podněty požadovaným způsobem. Druhý postup se snaží uměle připravit zcela nové chytré materiály, ať už pomocí cílené proměny vnitřní struktury látky nebo ve formě cíleně navrhovaných kompozitních materiálů. V principu lze inteligentní materiály rozdělit do dvou oblastí: na ty, které mění vlastnosti, a ty, které dokážou „chytrým“ způsobem přeměňovat energii. Pojem chytré materiály zastřešuje širokou škálu materiálů různých vlastností – měnící barvu, vydávající světlo, s řízenou viskozitou, tvarovou pamětí, elektroaktivní polymery a polymerní gely,²⁶⁷ feroelektrické²⁶⁸ a piezoelektrické materiály.²⁶⁹ Velmi slibné materiály jsou aerogely, mimořádně lehké kompozitní materiály obsahující z více než 90 % vzduch. Mohou odolávat vysokým teplotám a jsou dobře odolné vůči různým chemikáliím. Většina aerogelů dosud studovaných je však vyrobena z materiálů, jako je oxid křemičitý nebo karbid křemíku, a jsou proto velmi křehké. Nedávno vyrobili vědci aerogely z grafenu, který má však také nevýhodné vlastnosti, hlavně pokud jde o technologie výroby. To inspirovalo fyzikální tým z univerzity v Los Angeles, aby vytvořili aerogel s podobnou strukturou, ale z jiného 2D materiálu – hexagonálního nitridu bóru – hBN aerogel. Výsledný materiál má hustotu pouhých 0,1 mg/cm³ díky vysoce pórovité struktuře s buňkami, jejichž stěny jsou jen jeden atom silné, je vysoce elastický, má velmi nízkou teplotní vodivost a může odolávat velkým teplotním šokům až do té míry, že je možné ho ohřát na 900 °C a následně prudce zchladit na -198 °C rychlostí 275 °C za sekundu. Takových cyklů lze provést stovky, aniž by se jeho vlastnosti změnily. Podle fyziků by mohl být použit jako tepelná izolace v kosmických lodích, automobilech, v plynových katalyzátorech či pro „skladování“ tepelné energie.²⁷⁰ Jedním z hlavních globálních trendů jsou nanostruktury, které něco umějí: samy se čistí, odpuzují vlhkost nebo jsou enormně pevné, odolné. Během dvou desetiletí se nanomateriály²⁷¹ osvědčily jako velmi užitečné v rozmanitých oblastech.

²⁶⁴ Miodownik, M: *Neobyčejné materiály: Podivuhodné příběhy látek, které vytvářejí náš svět*. Argo/Dokořán, Praha 2016

²⁶⁵ Od počátku 40. let 20. století začala být všeobecně uznávána věda o materiálech (materials science) jako specifický obor vědy a techniky a hlavní technické univerzity po celém světě vytvořily pro své studium specializovaná pracoviště. Věda o materiálech je synkretická disciplína, zahrnuje metalurgii, keramiku, fyziku pevných látek a chemii. Je příkladem akademické disciplíny vznikající fúzí, ne štěpením. Význam materiálů dosvědčují i názvy civilizačních etap (doba kamenná, bronzová, železná, 20. století je nazýváno „dobou křemíkovou“).

²⁶⁶ Viz https://www.researchgate.net/publication/313251010_Chytre_materialy_by_se_mely_lecit_samy.

²⁶⁷ Tyto syntetické látky se mohou např. snadno smršťovat nebo měnit svůj objem v reakci na změnu elektrického napětí. Jsou velmi nadějnými materiály pro výrobu syntetických náhražek svalů.

²⁶⁸ V některých slitinách, keramických materiálech či syntetických hmotách dochází za určitých teplot ke spontánnímu rozložení elektrického náboje, polarizaci. Řízení tohoto efektu elektrickým polem je možné využívat např. při konstruování počítačových pamětí.

²⁶⁹ Při mechanickém působení na určité materiály se objevuje elektrický náboj, který je možné dále využít. Platí to i obráceně, střídavé elektrické pole může v materiálu vyvolávat tvarové změny s vysokou opakovací frekvencí.

²⁷⁰ Dle <https://www.matfyz.cz/clanky/1323-aktualita-z-fyziky-grafen-umozuje-vytvaret-superizolacni-aerogel>.

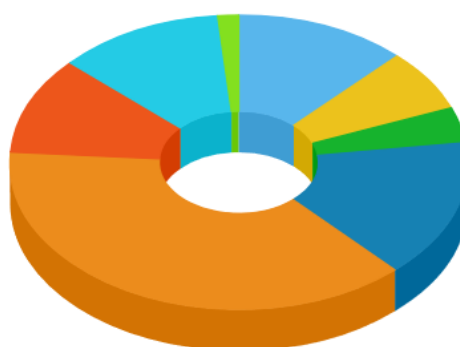
²⁷¹ Nanomateriály pokrývají rozmanitou škálu materiálů. Mezi hlavní kategorie z hlediska objemu trhu patří anorganické nekovové nanomateriály (syntetický amorfni oxid křemičitý, hlinitý, titaničitý), uhlíkové nanomateriály (uhlíková čern, uhlíkové nanotrubice, fullerény, grafen), kovové nanočástice (nanostříbro, nanozlato) a organické, makromolekulární nebo polymerní částicové materiály (dendrimery). Nanomateriály existují v různých formách a mohou být upraveny pro získání požadovaných vlastností nebo pro konkrétní použití.

Produkty dle oborů



Construction
Health
Photonics
Energy
ICT
Transport

Patenty dle oborů



Construction
Health
Photonics
Energy
ICT
Transport

Zdroj: Statnano

Velký potenciál má podle vědců zejména grafen.²⁷² Nanomateriály, které se v současné době používají,²⁷³ zahrnují jak nanočásticové verze konvenčních materiálů, tak zcela nové nanomateriály. Nové typy nanomateriálů jsou označovány jako nanomateriály „druhé generace“ (systémy cíleného transportu léčiv, adaptivní struktury a spouštěče), „třetí generace“ (nová robotická zařízení, trojrozměrné sítě a řízená kompletace) a „čtvrté generace“ (design a samosestavovací schopnost). Trendem současné doby je s pomocí vodivých vláken vyvíjet právě takové textilní materiály, které budou reagovat na vnější podněty nejen pasivně, ale jejich vlastnosti bude možné cíleně řídit nebo dokonce se budou schopny samy rozhodovat (od senzorů tepu, pohybu či dechu přes antény, dotykové displeje až po tzv. nositelné počítače – e-textiles, integrující procesor, obrazovku a klávesnici počítače v textilií).²⁷⁴ Pracuje se na vývoji "bezpečnostního obleku zítřka", který by měli používat policisté, vojáci, hasiči, záchranáři, chemici a podobně. Jde o obleky či kombinézy, které by

²⁷² Vědci z něj například vyvinuli materiál, který může být vytisknut ve 3D a sám se složit do podoby cévních struktur. Dle Wu, Y., Okesola, B.O., Xu, J. et al.: [Disordered protein-graphene oxide co-assembly and supramolecular biofabrication of functional fluidic devices](#). Nature Communication 11, 1182 (2020). Velkou roli také bude zřejmě hrát v energetice. Výzkumníci z australské technologické univerzity ve Swinburne přišli s novou generací grafenového filmu, který dovede velmi účinně sbírat sluneční záření. Grafenový film má díky tomu velký potenciál pro využití ke sběru sluneční energie, odsolování mořské vody nebo čištění odpadních vod. Vědci představili i nízkonákladovou výrobní strategii, kterou lze materiál vyrábět pro praktické použití. Lin, K., Lin, H., Yang, T. et al. [Structured graphene metamaterial selective absorbers for high efficiency and omnidirectional solar thermal energy conversion](#). Nature Communication 11, 1389 (2020). Podle českého propagátora nanomateriálů J. Kůse je „grafen slibný pro levnou výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů a levné uskladnění do baterií. V blízké budoucnosti si bude moci každý dům vyrábět elektřinu sám a uchovávat si ji pro vlastní spotřebu. Dojde k decentralizaci výroby energie a její prodej ztratí smysl.“ In: <https://archiv.ihned.cz/c1-65912290-budoucnost-patri-nanosvetu-pozadu-nejsou-ani-ceske-firmy>.

²⁷³ Používají ve stovkách aplikací a spotřebních výrobků od zubních past, přes baterie, tenisové rakety, barvy až po oblečení. Mezi hospodářská odvětví s nejvyšším využitím nanomateriálů patří: letectví (odlehčené materiály, odolné barvy a nátěry pro aerodynamické plochy); automobilový průmysl a doprava (barvy a nátěry odolné proti poškrábání, plasty, maziva, kapaliny, pneumatiky); zemědělsko-potravinářský sektor (senzory pro optimalizaci produkce potravin); stavebnictví (izolace, odolnější stavební materiály, samočisticí okna); výroba energie (fotovoltaika) a její uchovávání (palivové články a baterie); životní prostředí (remediacce půdy a podzemních vod); kosmetika (opalovací krémy, zubní pasty, pleťové krémy); zdravotnictví, medicína a nanobiotechnologie (cílený transport léčiv); informační a komunikační technologie, elektronika a fotonika (polovodičové čipy, nová zařízení pro ukládání dat a displeje); bezpečnost (senzory pro detekci biologických látek) a textilie (ochranné oděvy, silnější a samočisticí vlákna, vlákna odolná proti požáru). Dle <https://www.enviprofi.cz/33/nanomaterialy-jejich-pouziti-a-prinosy-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EkIwSXZbEdv-oRj8i2aK3-o/>.

²⁷⁴ Bain, A. K., Chand, P.: *Ferroelectrics. Principles and Applications*, Wiley-VCH, 2017

se ve tmě měly samy rozsvěcovat, při stisknutí knoflíku se zahřívát, při výskytu jedů v ovzduší by měly měnit barvu a vydávat varovné signály. Nové textilie nejsou a nebudou používány pouze pro oblékání. Používá se jich také ke stavění a ochraně fasád domů a střech. Chytré materiály mohou být využívány k přímému získávání energie (z energie tepelné či solární), k vylepšení „omyvatelnosti“ (nešpinící se tašky či obložení), zvyšování komfortu řízením proudění vzduchu a reakcí na světlo a teplo, a nakonec i pohlcování škodlivých látek.²⁷⁵ Stěna z kombinovaného materiálu hi-tech textilu a betonu je ve srovnání s betonem třikrát tenčí, má přitom stejnou pevnost a tlumivost. Její stavba si vyžádá mnohem menší objem materiálu, dopravy i vlastních stavebních prací. Jako slibné se jeví aplikace chytrých slitin pro tlumení vibrací budov, vzniklých např. přejezdem vozidel či zemětřesením.²⁷⁶ V současné době se také pracuje na samosprávném betonu, který při menších poškozeních opravují speciální bakterie přimíchané přímo do betonové směsi.²⁷⁷ V automobilové výrobě bude stále více požadováno, aby vozy byly lehčí, bude se čím dál více využívat kombinace vláknových kompozitů s plasty a kovy. Progresivními textiliemi jsou a budou nahrazovány i součásti z plastů, palubní desky apod. Málomocná oblast je vhodná k uplatňování chytrých materiálů tak jako medicína, kde se nejrůznější technické textilie využívají při inteligentním dávkování léků,²⁷⁸ hojení,²⁷⁹ odpuzování choroboplodných zárodků, při diagnostikování²⁸⁰ i léčbě různých chorob (obsáhlý je výzkum zejména léčby rakoviny²⁸¹). Velkou kapitolou materiálového inženýrství je také příprava materiálů pro náhradu lidských svalů z elektricky vodivých polymerů či dielektrických elastomerů (využívaná také pro konstrukci robotů).

Další rozvoj masivní digitalizace, AI a jejích aplikací ohrožuje nedostatek energie potřebný k napájení všech výpočetních potřeb (zvláště k přihlídnutím k současné environmentální krizi). Vědci tak hledají alternativní a udržitelné způsoby napájení stále stoupajícího množství elektronických zařízení.²⁸² V této souvislosti v roce 2020 vědci z iniciativy NUSNNI²⁸³ zveřejnili vynález nanomateriálu založeného na jedinečné materiálové platformě, která může dosáhnout optimálního digitálního zpracování paměti a zároveň být extrémně energeticky účinnou. Vynález je také lehce reprodukovatelný a odolný.²⁸⁴ Sběr energie a technologie přeměňující malé množství přirozeně se vyskytující energie (světla, tepla a vibrací) na elektřinu získává pozornost jako způsob napájení zařízení IoT. Pomáhá snižovat dopady na životní prostředí a má potenciál pohánět elektronická zařízení stabilně a dlouhodobě, na rozdíl od baterií, které vyžadují dobíjení nebo výměnu. Na univerzitě v Berkeley se například pracuje na vytvoření miniaturních drátků z plastu zvaného polyvinylidenfluorid (PVDF),²⁸⁵ díky nimž bude možno dosáhnout piezo-efektu. Očekává se, že tato

²⁷⁵ Viz například <https://helskeenergysave.com/>.

²⁷⁶ Velkým optimistou je například německý vědec A. Ritter. Budovy budoucnosti by podle něj mohly měnit svou barvu, velikost, tvar i třeba míru průhlednosti či průsvitnosti stěn.

²⁷⁷ Viz <https://www.czechsight.cz/zivy-beton-vedci-vytvorili-samooopravny-stavebni-material/>.

²⁷⁸ Pro medicínu se již vyrábějí pyžama s antibakteriálním povrchem a rychlohojivé obvazy. Tento obvaz byl vyvinut v Hohenstein-Institutu v Badensku-Wuerttembersku. Je vyroben z dutých vláken celulózy, před aplikací jsou některá vlákna napuštěna předepsaným lékem, jiná enzymem, a ve stavu zmrazení za sucha spletena do tkaniny - obvazu. Teprve ve styku s vlhkostí, tedy ránou, se aktivuje enzym, rozrušuje vlákna a přitom uvolňuje lék. Výsledkem je nejen rychlejší terapie, ale také odpadá nutnost častých výměn obvazů.

²⁷⁹ Např. vědci vyvinuli náplast, která regeneruje srdeční tkáň po infarktech, viz <https://www.czechsight.cz/irsti-vedci-vyvinuli-naplast-regenerujici-srdecni-tkan-po-infarktech/>.

²⁸⁰ Viz <http://www.nanocastice.cz/aplikace-nanotechnologie/nanotechnologie-v-medicine/>.

²⁸¹ Viz https://chemicalsinourlife.echa.europa.eu/fighting-cancer-using-nanotechnology?utm_source=euon.echa.europa.eu&utm_medium=display&utm_campaign=ux&utm_content=homepage-links.

²⁸² Viz například <https://www.e15.cz/byznys/prumysl-a-energetika/cesti-vedci-vyvi-vlastni-modularni-reaktor-hotovy-bude-do-deseti-let-tvrdi-jeho-tvurce-1362045>, <https://video.info.cz/strunc/maly-reaktor-do-kazdeho-mesta-za-prahou-vznika-technologie-budoucnosti-svetove-urovne-44389.html>.

²⁸³ NUS Nanoscience and Nanotechnology Initiative

²⁸⁴ Goswami, S., Rath, S. P., Thompson, D. et al.: *Charge disproportionate molecular redox for discrete memristive and memcapacitive switching*. Nature Nanotechnologies (2020).

²⁸⁵ Z PVDF vyrobili také robota velikosti poštovní známky, který má pozoruhodné schopnosti, viz <https://news.berkeley.edu/2019/07/31/you-cant-squash-this-roach-inspired-robot/>.

technika bude použita pro výrobu samonabíjecí textilie, kdy PVDF bude ve formě nanogenerátoru transformovat pohyb textilie v elektřinu. Na Stanfordské univerzitě vyvinuli barvivo, které po napuštění do textilie skladuje elektřinu. Bude tedy možné oblečení svléknout, připojit k nabíječce, aby se z ní druhý den zase dal čerpat proud.²⁸⁶ V této souvislosti je také vynakládáno velké úsilí na získávání energie z vody ve formě dešťových kapek.²⁸⁷ Vědcům z Honkongské univerzity se povedlo vyvinout novou metodu, díky které se získávání energie z deště posunulo na smysluplnou úroveň – studie ukazuje, že pouhá jedna kapka dokáže rozsvítit stovku malých žárovek.²⁸⁸ Pokračující trend miniaturizace elektroniky vyžaduje i nové techniky výroby.²⁸⁹ Trendem je také elektronika tištěná, moderní zařízení příští generace jsou nalepená²⁹⁰ na téměř jakémkoliv povrchu²⁹¹ či „vytetoaná“ přímo na kůži²⁹² nebo vyráběna například pomocí nové metody „peel and stack“ (vrstvení), které dovolují elektronická zařízení vyrobit v jakémkoliv tvaru.²⁹³

K zemím, které se nejvíce angažují v oblasti nanomateriálů, patří vedle USA zejména asijské země – Čína, Jižní Korea, Japonsko, Indie a Írán, z evropských zemí pak Velká Británie, Německo a Francie. Velký potenciál nanomateriálů a nanotechnologií v průmyslové výrobě rozpoznala i Evropská komise, která je považuje za významnou hnací sílu posílení evropské konkurenceschopnosti, potenciál vidí zejména v oblasti medicíny, ochraně životního prostředí a energetické účinnosti. V programu Horizon 2020 alokovala na výzkum nanomateriálů a nanotechnologií 2 miliardy Euro.²⁹⁴ Tomuto výzkumu ale věnují pozornost vědci po celém světě a jejich výstupy se podnikatelská sféra snaží zavádět na trh.²⁹⁵ Od roku 2000 prudce stoupá počet patentů a projektů v partnerství vědeckého a privátního sektoru, zejména v USA, Francii a Japonsku.²⁹⁶

²⁸⁶ Viz https://www.youtube.com/watch?v=ZnkJMC_RLdc, [https://en.wikipedia.org/wiki/Yi_Cui_\(scientist\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Yi_Cui_(scientist)).

²⁸⁷ Viz například <https://statnano.com/news/67548/Japanese-Researchers-Develop-Flexible-MoS2-based-Nano-generator-Suitable-for-Powering-IoT-Devices>.

²⁸⁸ Xu, W., Zheng, H., Liu, Y. et al.: *A droplet-based electricity generator with high instantaneous power density*. Nature 578, 392–396 (2020).

²⁸⁹ Na poli výzkumu dochází v tomto směru k posunům, naposledy viz <https://www.weforum.org/agenda/2019/10/electroadhesive-stamp-microscopic-structure/>.

²⁹⁰ Viz <https://www.weforum.org/agenda/2016/08/this-smart-tattoo-can-turn-into-a-touchpad>

²⁹¹ Viz <https://www.futurity.org/flexible-electronics-liquid-metal-2117442/>.

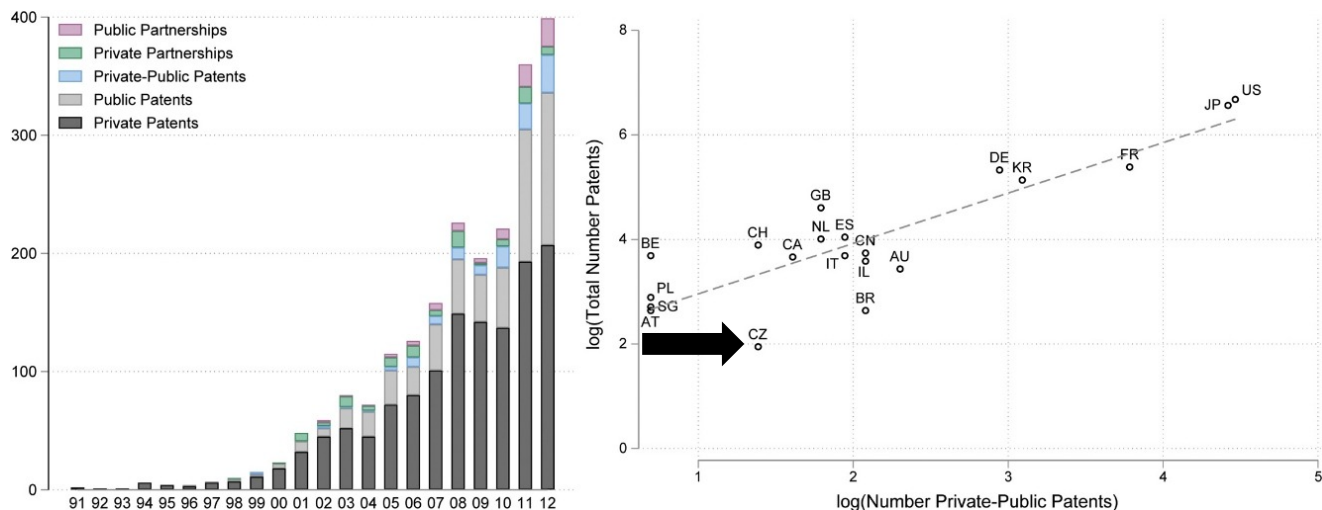
²⁹² Viz <https://www.weforum.org/agenda/2019/10/light-up-tattoos-electronically-printed-skin/> a <https://www.weforum.org/agenda/2016/06/this-stretchable-wearable-circuit-could-change-your-life>.

²⁹³ S novou technikou mohou vědci MIT loupat a skládat tenké filmy oxidů kovů – chemických sloučenin, které lze navrhnout tak, aby měly jedinečné magnetické a elektronické vlastnosti. Fólie mohou být smíchány a přizpůsobeny tak, aby vytvořily tenká, multifunkční, flexibilní elektronická zařízení. Více viz <http://news.mit.edu/2020/flexible-electronics-stacks-chips-0205>.

²⁹⁴ O aktuálním stavu, výzkumu (se zaměřením na evropský region) a aplikací informuje EUON (European Union Observatory Nanomaterials) na svých [webových stránkách](#), která se zabývá také bezpečností a možnými riziky v souvislosti s nanomateriály a nanotechnologiemi.

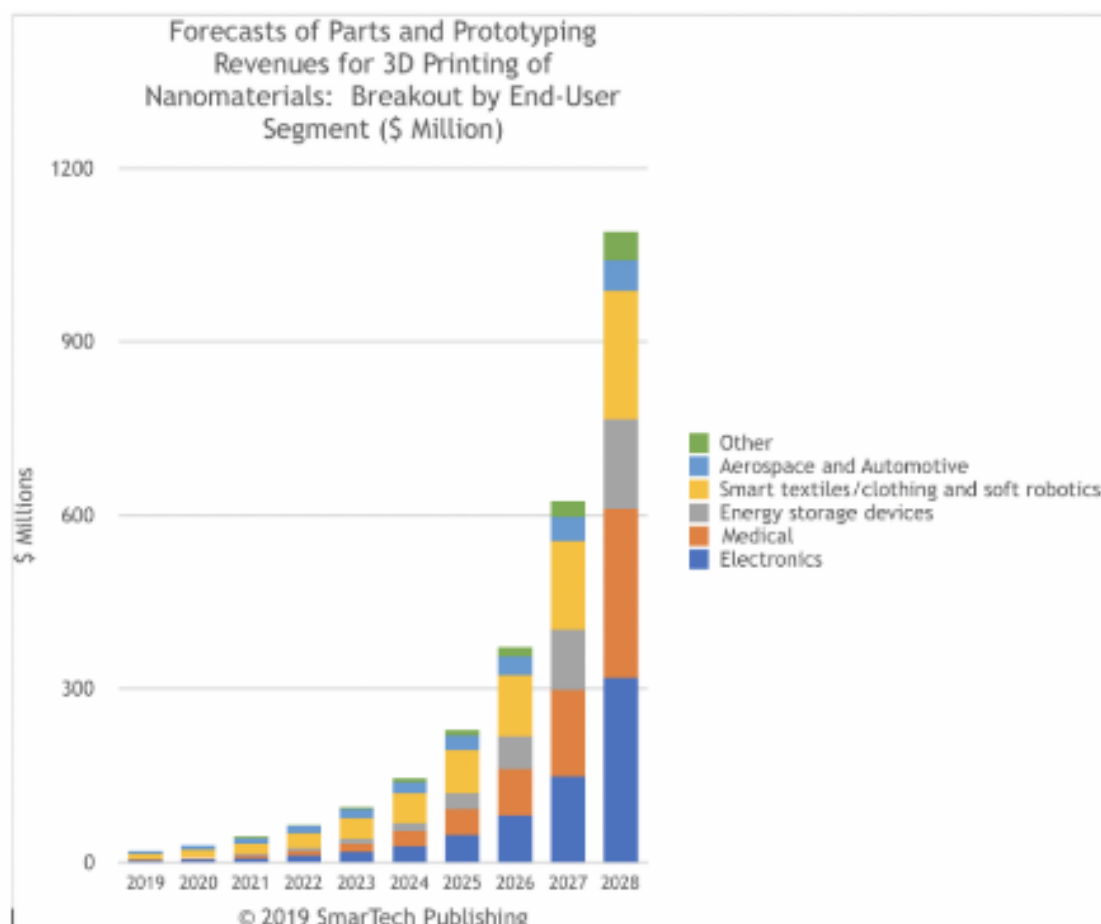
²⁹⁵ Nejucelenější informace o stavu světového výzkumu i produkce poskytuje platforma NBIC+, viz <https://product.statnano.com/>. Jako globální zdroj informací slouží i informační platforma [AZoNano](#)

²⁹⁶ Zingg, R., Fischer, M.: *The rise of private-public collaboration in nanotechnology*, Nanotoday, April 2019



Zdroj: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1748013217305790>

Očekává se také, že se budou obchodní příležitosti v 3D tisku nanomateriálů a příchodem 4D tisku v budoucnu i nadále zvětšovat.



Někteří odborníci ale před nanomateriály varují a radí k obezřetnosti, protože podle nich ještě nevíme, jaké účinky mohou mít na životní prostředí a člověka (například hromadění uhlíkových nanotrubiček – carbon nanotubes, CNT). Výzkum amerických vědců ukázal, že nanočástice stříbra o průměru 30 nm a menší se ukládají ve tkáních vyvíjejících se embryí ryb a mohou vyvolávat závažné malformace. Americký kritik technologií Jerry Mander se hrozí následků nanotechnologické revoluce, ve srovnání s níž podle něj „průmyslová revoluce devatenáctého století byla pouhým škytnutím.“²⁹⁷

²⁹⁷ In: <http://vtm.e15.cz/tvary-nanobudov-se-meni-podle-jejich-obyvatel>.

V dnešní době spotřebitelé požadují, aby materiály a energetické systémy poskytovaly vyšší výkon a zároveň byly udržitelné a výsledovatelné. Podle současného modelu spotřeby výroby by se světová poptávka po surovinách mohla do roku 2060 zdvojnásobit. Vzhledem k tomu, že svět přechází z lineární na cirkulární ekonomiku, musí být maximalizována využitelnost produktů, jejich odbouratelnost a recyklovatelnost. V tomto směru se angažuje už velké množství předních světových výrobců – [IKEA](#), [Adidas](#), [LEGO](#), [Panasonic](#), [Unilever](#) a další. Začíná se zpracovávat odpad, z recyklovaných plastů se vyrábí například [dlaždice](#), oblečení, nábytek a jiné užité předměty. Vědci na singapurské Nanyang Technological University (NTU) dokonce přišli na „první možný způsob, jak lze biologicky nedegradovatelný plast rozložit.“²⁹⁸ Vyvinuli technologii, která dovede novou techniku přeměny plastového odpadu na kyselinu mravenčí, jednu z nejjednodušších sloučenin vodíku a CO², což z ní dělá kandidáta na nosiče vodíku, který by mohl být využit v palivových článcích. První palivový článek na světě na bázi kyseliny mravenčí totiž vyvinuli minulý rok švýcarští vědci. Recyklace plastů ale environmentální problém neřeší, protože udržuje závislost na fosilních polymerech. Designéři stále více experimentují s organickými materiály, zejména s řasami,²⁹⁹ ze kterých se v poslední době vyrábějí [obklady](#), koberce, [potravinové obaly](#), [fasády budov](#), [oblečení](#), [obuv](#) a další. Řasy byly dokonce implementovány jako zdroj energie pro energetické budovy.³⁰⁰ Dalšími materiály mohou být [slunečnice](#), [brambory](#), [zbytky po zpracování ryb](#) a další biologický odpad. Odborníci predikují, že rostlinná výroba bude důležitou součástí budoucích průmyslových odvětví, přičemž proces získávání surovin a výroby musí být prováděn s ohledem na životní prostředí. Výraz „biologicky rozložitelný“³⁰¹ však může být zavádějící, protože neukazuje, jak dlouho se materiál rozkládá nebo za jakých podmínek. Biologicky rozložitelné polymery se v mořském prostředí navíc degradují podstatně pomaleji než na souši. Přechod na plast vyrobený z rostlin místo fosilních paliv by také pravděpodobně vyžadoval obrovské množství zemědělské půdy, což by mohlo způsobit environmentální problémy a připravit lidi o jídlo. Proto se tato cesta nejeví jako jediné vhodné řešení.³⁰² Nestačí jen vytvářet nové materiály, odpovědí je omezení spotřeby, zlepšení recyklace a požadavek „nulového odpadu“ (zero-waste).³⁰³ Princip cirkulární ekonomiky je velmi aktuální i ve stavebnictví a designu, jedním z nejproblematictějších je však průmysl oděvní, který má na ekologii

²⁹⁸ Dle <https://www.czechsight.cz/odpadni-elektrarna-vyuzijeme-plast-k-vyrobe-energie/>. Recyklaci biopolymeru vylepšili i [britští vědci](#). Ve výzkumu se také pracuje s bakteriemi, které plasty umí rozložit, viz <https://www.czechsight.cz/efektivni-recyklace-biopolymeru-umoznuje-jejich-nekonecne-vyuzivani-bez-ztraty-kvality/>.

²⁹⁹ Mořské řasy mají velký potenciál, jsou jedny z nejučinnějších praček oxidu uhličitého ve vzduchu s 10krát větší fixací CO² než suchozemské rostliny. Na Světové potravinové konferenci OSN z roku 1974 byla vyhlášena „nejideálnější jídlem“, NASA používá řasy jako potravinové doplňky na vesmírných misích díky svému bohatému a vyváženému nutričnímu obsahu. Pro své vlastnosti mohou i ve výrobě nahradit plasty. Skupině vědců z Centra ALGATECH Akademie věd ČR se ve spolupráci s rakouskými kolegy podařilo [pomocí červených řas](#) nedávno recyklovat vzácné kovy z elektronického odpadu. O všestranném využití řas pojednává například kniha R. Kassingerové *Bloom: From Food to Fuel, The Epic Story of How Algae Can Save Our World* (v USA vyšla pod názvem *Slime: How Algae Created Us, Plague Us, and Just Might Save Us*).

³⁰⁰ 1. takovou [budovu](#) postavila v roce 2013 v Hamburku společnost Arup. Zajímavý je i projekt [Photo.synthetica](#).

³⁰¹ Plasty popisované jako biologicky rozložitelné mohou být vyrobeny z bioplastů – plastů vyrobených z obnovitelných zdrojů biomasy (kukuřice, řasy, chitin) nebo z petrochemikálií s přidanými prvky, které jim pomáhají biodegradovat.

³⁰² [Biodegradable Plastics and Marine Litter. Misconceptions, Concerns and Impacts on Marine Environments](#), OSN, 2015.

³⁰³ Ve stavebnictví má velký ekologický dopad výroba stavebních materiálů, například cihel. Existují proto iniciativy a společnosti snažící se v současnosti energeticky extrémně neefektivní proces jejich vypalování zlepšit. Problém se nyní řeší vývojem technologicky vyspělejších procesů vypalování, které lze komplexně integrovat v sociálně slabých prostředích, kde většina produkce cihel probíhá (například firma Habla Zig-Zag Kilns), nebo zpracováváním stavebního odpadu (například cihly K-Briq od skotského startupu Kenoteq jsou vyrobeny až z 90 % ze stavebního odpadu). Vědci přišli nedávno dokonce s myšlenkou šetrného stavebního materiálu budoucnosti – živé houby, neustále rostoucí, odumírající a obnovující se. Vědci zároveň uvažují i o kombinaci podhoubí, nanočástic a polymerů k vytvoření elektrických zařízení. Viz Adamatzky, A., Ayres, P., Belotti, G., Wosten H.: [Fungal architecture](#). Dle <https://www.czechsight.cz/v-budoucnosti-bychom-mohli-zit-uvnitř-obříh-hub-tvrdí-vedci-nasa-z-nich-chce-postavit-zakladnu-na-mesici/>.

katastrofální dopad. Je druhým největším znečišťovatelem životního prostředí (po průmyslu ropném). Textilní výroba uvolňuje 1,2 miliardy tun ekvivalentu oxidu uhličitého ročně, což je více než mezinárodní lety a zámořská doprava dohromady, na výrobu polyesterových vláken spotřebuje ročně téměř 70 milionů barelů ropy. V reakci na to se čím dál více prosazuje koncept udržitelné módy,³⁰⁴ ve které se využívají recyklované a nové udržitelné materiály³⁰⁵ (například [Orange Fiber](#) z pomeranče, umělá kůže [Piñatex](#) z ananasu, technologie [loncell](#) a mnoho dalších). Zajímavé jsou také alternativní přístupy k této problematice. Jedním z nich je naprosto odlišná metoda výroby materiálů – „[biologická výroba](#)“ (biofabrication), která využívá houby (mycelia) a bakterie k tvorbě materiálu zvaného mikrobiální celulóza. Může být využita pro výrobu mnoha předmětů (obalů, nábytku, cihel či právě látek).³⁰⁶ Jiný inovativní přístup má P. Rakúsek, který celý proces výroby oblečení automatizuje, využívá technologie 3D tisku a laserového svařování. Jeho 3D tiskárna oblečení je na základě lidského avatara schopna vyprodukovat oblečení na míru. Výrobní linka bude mít velikost menší místnosti, každý si tak bude moci nakonfigurovat oblečení přímo pro sebe a ve městě, kde bydlí, se i vyrobí. Díky robotickým ramenům může kusy látky svařovat dohromady bez jediného použití nitě nebo jehly. Protože vytváří oděvy na základě konkrétního požadavku zákazníka, vyrábí se pouze přesné množství potřebného oblečení. Počítá se i se zapojením ekonomiky sdílení, jiní návrháři budou postupně pouze posílat digitalizované návrhy do tiskárny.³⁰⁷

Časopis Scientific American označil za „materiály budoucnosti“ 9 nových materiálů: plast inspirovaný exoskeletem hmyzu (lehký a pevný), ultratenkou platinu (pro pohon vodíkového palivového článku), levnější a lehčí karbonové vlákno (velký význam pro dopravu), „mega magnety“ (důležité pro energetiku z obnovitelných zdrojů, ale nyní drahé a dodávané pouze z Číny), „designované nanokrystaly“ (nový způsob sestavování atomů), novou odolnou sklovláknitou slitinu (pro průmyslové vrtáky a řezačky), termoelektrický materiál, který přeměňuje teplo v elektřinu, elektrický inkoust a organickou pěnu (z rostlinného odpadu a mycelia).³⁰⁸

V České republice se materiálové vědě a výzkumu věnuje poměrně mnoho pozornosti. Výhodou je její dlouhá průmyslová tradice, mnohé podniky v Praze, na Kladně, v Plzni nebo na Ostravsku se neobejdou bez vlastního vývoje. Úzké vazby na místní firmy má dosud Západočeská univerzita v Plzni, která má výzkumně silnou fakultu aplikovaných věd či centrum NTIS, které se věnuje vývoji tenkovrstvých materiálů vytvářených plazmovými technologiemi. Svou specializací na nanomateriály je známá Technická univerzita Liberec (TUL), její textilní fakulta je v České republice unikátní. V polymerech vynikla Univerzita Tomáše Bati (UTB) ve Zlíně, kde sídlily různé gumárenské nebo obuvnické firmy, vzniklo zde i Centrum polymerních systémů. [Regionální centrum pokročilých technologií a materiálů](#) (RCPTM) v Olomouci pracuje na vývoji nanostruktur, materiálů nebo upraveného grafenu,³⁰⁹ působí zde rovněž jeden z nejcitovanějších českých vědců vůbec, kvantový chemik Pavel Hobza. Mezi ústavy ČVUT vyniká tradiční Kloknerův ústav, založený již roku 1921 jako výzkumný a zkušební ústav hmot a stavebních konstrukcí, který zkoumá i mikro- a makromechaniku nových konstrukčních materiálů. Vysoké učení technické v Brně (VUT) má stejně jako ČVUT osm fakult, přičemž chemická fakulta zřídila Ústav chemie materiálů a Centrum materiálového výzkumu. To je primárně zaměřené na aplikovaný výzkum v oblasti anorganických materiálů, transportních systémů pro péči o zdraví a senzorů na bázi organických polovodičů. VUT je spolu s Masarykovou univerzitou v Brně rovněž spoluzakladatelem Středoevropského technologického institutu (CEITEC),

³⁰⁴ Z menších značek jmenujme [People Tree](#), [Veja](#), [Alternative](#), [Fordays](#), [A.BCH](#), [Pangaia](#) či [Taylor Restitch](#). Vzor velkým módním značkám může být v tomto směru H&M, také Zara se zavázala do roku 2025 používat jen udržitelné textilie.

³⁰⁵ Zajímavý je i britský projekt [Saltyco](#), který pěstuje rostliny použité na své textilie v mořské vodě, a nemá tak žádnou spotřebu čerstvé vody.

³⁰⁶ Tato metoda – [BioCouture](#) – využívá k tvorbě tkaniny bakterie – do slazeného čaje přidá kyselinu octovou a při správné termoregulaci za dva až tři týdny dostane vrstvu husté textilie, která musí být už jen řádně vysušena.

³⁰⁷ Viz <https://www.nowyou.ch/>.

³⁰⁸ Dle <https://www.scientificamerican.com/slideshow/9-materials-that-will-change-manufacturing/#>. Mycelia plánuje využít i NASA jako stavební materiál pro měsíční [základny na Marsu](#).

³⁰⁹ Michal Otyepka na svůj projekt „2D chemie“ nedávno získal i prestižní ERC Consolidator Grant.

který má jeden ze svých výzkumných pilířů věnovaný pokročilým materiálům. Nejsilnější institucí, co se týče základního výzkumu a fundamentálních poznatků v oblasti nových materiálů, je Akademie věd ČR. Profesor Ludvík Kunz z Ústavu fyziky materiálů AV je koordinátorem širšího výzkumného programu s názvem Nové materiály na bázi kovů, keramik a kompozitů. Podílí se na něm devět ústavů: Ústav fyziky materiálů, Fyzikální ústav, Ústav jaderné fyziky, Ústav fyziky plazmatu, Ústav přístrojové techniky, Ústav termomechaniky, Ústav makromolekulární chemie, Ústav geoniky a Ústav struktury a mechaniky hornin. Cílem všech je v celospolečenském zájmu přispívat k vývoji nových hmot, slitin či keramik, čehož mají využívat i firmy a průmysl.³¹⁰ V České republice mají jak ve výzkumu, tak v průmyslovém uplatnění nanomateriály silné zastoupení. Propagátoři nanotechnologií volají po tom, aby se staly strategickou technologií České republiky.³¹¹

2. **Virtuální** – strmý růst vývoje digitálních technologií díky navýšení rychlosti čipů, který donedávna opakovaně potvrzoval platnost Moorova zákona, se v poslední době zpomaluje, a to právě vlivem minituarizace,³¹² se kterou jsou spojené výrobní náklady. Výrobci čipů utrácejí za nové designy a materiály a zkoumají způsoby, jak lze zlepšit výkon pomocí upravených návrhů a chytrého programování. Uvědomují si také, že se blíží k hranici možností křemíku (okamžiku, kdy se velikost rezistoru přiblíží velikosti pouhého atomu). Existuje několik výzkumů, které hledají alternativní materiály. Ty s nejpříznivějšími elektrickými vlastnostmi jsou slitiny prvků, jako je indium, gallium a arsenid, problém je ale v tom, že se tyto materiály nemísí snadno se silikonem. Nejznámější alternativou je grafen, který vede velmi dobře, má ale velmi malý poměr propustnosti, vyrobený tranzistor proto nelze zcela vypnout nebo snížit jeho vodivost na takovou hranici, aby bylo možné snadno a přesně odlišovat dva stavy 0 a 1. Experimentuje se také s disulfidem molybdenu nebo sloučeninami fosforu a boru. Pokračovat ve zvyšování výkonu se dá i cestou spojování jader a využitím výhod paralelních algoritmů. Dalším krokem je pak využití kvantového počítače při některých výpočtech, jinou cestou jde zase snaha o napodobení mozku, který podává působivé výkony s velmi malou energií. Velmi výrazný je v současné době také trend počítačovou sílu spíše rozptýlit než soustředit, rozšiřovat schopnost počítat a komunikovat napříč stále větším množstvím každodenních objektů v rodícím se internetu věcí.³¹³ Jak jistota

³¹⁰ Rychlík, M.: *Materiálové vědy pro lepší budoucnost*, <https://vedavyzkum.cz/blogy-a-komentare/martin-rychlik/materialove-vedy-pro-lepsi-budoucnost>.

³¹¹ Jiří Kůs, předseda *Asociace nanotechnologického průmyslu ČR*, ve svém blogu vyzývá: „Jsme na světové špičce v průmyslových a civilních aplikacích pokročilých materiálových technologií. V Evropě jsme jediní, kdo průmyslově vyrábí nanovlákněné membrány a výrobky z nich. Mezi ně patří nanovlákněné respirátory, roušky a filtry do vzduchotechniky, které spolehlivě zachytí kapénky s viry a bakteriemi, tenká nanovlákněna fungují navíc díky Van der Waalsovým jako magnety pro velmi malé částice. V České republice jsme také vynalezli a vyrábíme fotokatalytické nanonátěry a nanočističky, které likvidují bakterie i viry včetně koronaviru ve vzduchu.“ In: <https://jirikus.blog.idnes.cz/blog.aspx?c=748463>. Podrobněji o českých firmách zabývajících se nanomateriály a nanotechnologiemi také v článku <https://www.novinky.cz/domaci/clanek/nanotechnologie-z-ceska-dobyvaji-svet-40305200>.

³¹² Nejméně problematická nová výrobní technologie je EUV litografie. Ovšem potřebné komponenty jsou už tak komplexní, nákladné a obtížné na vývoj, že EUV aktuálně umí dodat jediná firma na světě: nizozemská ASML – do ní v posledních letech investovali obrovské peníze významní hráči na trhu. Všichni potřebují komponenty od ASML, aby vůbec mohli smysluplně pokračovat ve zvyšování hustoty tranzistorů na čipech.

³¹³ Nárůst elektronických zařízení způsobí problémy s čerpáním energie. Současné prognózy, které jsou založeny na projekci světové výroby energie, označují 2040 za rok, kdy je plánovaný objem odebrané energie vyšší než vyrobené. To představuje vážný problém pro růst elektroniky. Dle <https://interestingengineering.com/wont-enough-power-computers-2040>. Miniaturní počítače budoucnosti nebudou moci vždy spoléhat na baterie, ať už z důvodů bezpečnosti, pokud například půjde o nanoroboty v těle, nebo třeba kvůli vesmírným minisatelitům, které poletí velmi dlouhou dobu. Je tak potřeba řešit otázku získávání energie různými způsoby z okolí – může se jednat o solární energii, tepelnou, formu vibrací či pohybů a podobně. Tyto formy ale nejsou zcela stabilní a s výpadky si současné počítače nedokáží jednoduše poradit. Vědci proto vytvořili novou architekturu, která je připravena využívat různé druhy energie. Vytvořili i nový typ programovacího jazyka – *Chain*. Zásadní rozdíl je právě v tom, jak se jednotlivé úkoly zpracovávají a jak dochází ke komunikaci s „kanálovou“ pamětí. Pokud bude mít počítač výpadky jakéhokoli charakteru, vždy nakonec dokáže dokončit danou úlohu. Nestane se tak, že by se zasekl na konkrétním procesu, program je vždy dokončen bez chyby i se spoustou výpadků. Dle

exponenciálního technologického pokroku slábne, roste obava, že důsledky budou pocítovány dál, za hranice výroby čipů, které čelí novým technologickým výzvám a vyšším nákladům. Ve světě, kde je exponenciální růst výpočetní energie základem všech budoucích plánů poskytovatelů technologií, by byl ohrožen pokrok samotný. Současně někteří vidí v příchodu méně předvídatelného světa výhodu, a to v příležitosti nových převratných výpočetních technologií. Konec Mooreova zákona by mohl být tímto inflexním bodem.³¹⁴ Velká pozornost je kromě IoT věnována vývoji AI. Kombinace vysoce vyspělých cutting-edge technologií dovoluje vizionářům a výzkumníkům představovat vize typu smart city, autonomních dopravních prostředků, všudypřítomného připojení na síť a splnutí člověka a technologií.

Kvantová technologie – do této technologie investují v současné době největší technologické firmy velké prostředky.³¹⁵ Kvantové zpracování je druh neklasického výpočtu založeného na kvantovém stavu subatomárních částic. Kvantové výpočty se zásadně liší od výpočtů klasických počítačů, které pracují s binárními bity (0 nebo 1, pravdivé nebo nepravdivé, kladné nebo záporné). V kvantovém zpracování je jednotkou qubit. Na rozdíl od bitu nezahrnuje jen 0 a 1, ale též všechny tzv. superpoziční stavy, tedy něco mezi 0 a 1. Po dokončení výpočtu (tzv. moment měření) se však superpozice zruší a každý qubit zkolabuje k 0 nebo 1, podle toho, ke které mezní hodnotě měla jeho superpozice blíže. Protože však kvantové výpočty pracují s neurčitými stavy (pravděpodobnostmi stavů 1 a 0), zkolabování stavu každého qubitu nenávratně zničí celý výpočet. Proto u kvantových výpočtů, na rozdíl od běžných výpočtů běžných procesorů, nelze provádět debugging algoritmu. Musí se jen definovat vstupní hodnoty a po dokončení výpočtu odečíst výsledek. Dále jsou qubity spojeny s dalšími qubity v procesu zvaném propletení; každý zapletený qubit přidává do systému další dvě dimenze. V kombinaci se superpozicí mohou kvantové počítače zpracovat obrovské množství možných výsledků současně.³¹⁶ Kvantové počítače mají potenciál provádět složité výpočty, které klasické systémy nemohly doslova nikdy dokončit („kvantová nadřazenost“). Tento potenciál pro výpočetní zrychlení, stejně jako schopnost řešit složité problémy, je důvodem, proč se firmy tolik o kvantové výpočty zajímají. Tím, že kvantové počítače disponují prostředky, které mohou celou kryptografii a s ní například i fenomén internetu či kryptoměn ohrozit, má tato oblast vývoje počítačových technologií velký význam. Mnoho odborníků se domnívá, že kvantové řešení by mohlo revolucionalizovat celé odvětví IT s významnými dopady na ekonomiku, průmysl, akademii i společnost. Podle společnosti Gartner by CIOs (chief information officers) měli považovat kvantové výpočty za konkurenční výhodu, protože nové kvantově inspirované algoritmy by mohly přinést inovativní řešení a přístupy k vývoji produktů. Mohlo by to také zkrátit čas uvedení produktů na trh a optimalizovat dodávky zákazníkům. Opomíjení kvantového zpracování může naopak ohrozit duševní

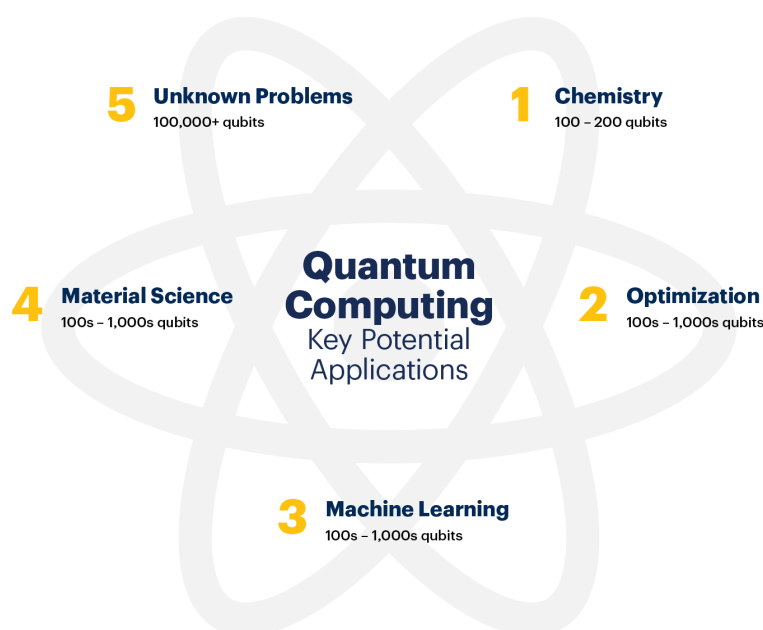
<https://vtm.zive.cz/clanky/nova-architektura-pocitacu-ktere-si-vystaci-senergii-zokoli-a-preziji-jakykoli-vypadek/sc-870-a-184805/default.aspx>.

³¹⁴ Dle <https://www.economist.com/technology-quarterly/2016-03-12/after-moores-law>.

³¹⁵ Historicky první kvantový počítač určený k prodeji představila v roce 2017 společnost D-Wave, využívá ho například Google. V lednu 2019 představila IBM Q System One. Byla si vědoma jeho nedokonalosti, věří však v zásadní roli kvantového výzkumu a teorii kvantové nadřazenosti. Google v říjnu 2019 v časopise Nature uvedl, že její kvantový počítač Sycamore dosáhl kvantové nadřazenosti, že jsou jen jeden kreativní algoritmus od cenných aplikací a že se tak z vědecké teorie stává technologie, která odemkne nové výpočetní schopnosti. Viz Arute, F., Arya, K., Babbush, R. et al.: *Quantum supremacy using a programmable superconducting processor*, Nature 574, 505–510 (2019). IBM a další vědci se proti některým tvrzením ohradili. Amazon spustil v roce 2019 novou cloudovou službu Braket, zahrnující různé druhy kvantových počítačů, které jsou k dispozici pro každého formou pronájmu. Na výběr jsou kvantové počítače, respektive akcelerátory, od tří různých výrobců – D-Wave, IonQ a Rigetti. Firma [Rigetti Computing](https://www.rigetti.com/) vyrábí malé kvantové procesory, které jsou navrženy jako doplňky: běžný počítač kvantově navýší, čímž vytvoří hybrid nejlepšího z obou světů. Více viz <https://www.zive.cz/clanky/amazon-braket-kazdy-si-ted-muze-pronajmout-quantovy-pocitac-na-vyber-jsou-hned-tri/sc-3-a-201487/default.aspx>. Vědci v České republice v současné době simulují kvantové systémy na kvantovém počítači pomocí simulátoru firmy IBM, který se nazývá QASM. Vedle tohoto simulátoru nabízí firma IBM i platformu nazvanou IBM Quantum Experience pro výpočty přímo na kvantovém počítači se vzdáleným přístupem přes cloud. Platforma nabízí možnost provádět výpočty na procesorech zpracovávajících buď 5 nebo 14 qubitů.

³¹⁶ Náznorně viz <https://youtu.be/tAIC-FkE2rs>.

vlastnictví (IP) a patentová portfolia firem. První organizace využívající kvantové výpočty budou mít konkurenční výhodu patentováním kvantově inspirovaných inovací ve svých specifických doménách. S ohledem na náročnost provozu kvantového počítače Gartner doporučuje, aby je organizace využívaly jako službu (QCaaS). Minimalizují tak riziko a omezí náklady. Předpovídá, že do roku 2023 bude 95 % organizací, které zkoumají strategie kvantového zpracování, využívat právě QCaaS. Gartner dále předpovídá, že do roku 2023 bude mít 20 % organizací v rozpočtu zahrnuty projekty v oblasti kvantového výpočtu (pro srovnání dnes je jich méně než 1 %). CIOs by měli hledat potenciální příležitosti kvantového zpracování, které budou muset být plně integrovány do tradičních IT a budou vyžadovat novou vzájemnou spolupráci mezi vědci z výzkumu, datovými experty a kvantovými vědci. Toto nové vývojové paradigma je rozhodující pro úspěch jakéhokoli kvantového programu.³¹⁷ Kvantová technologie však nemůže zcela nahradit stávající počítačové systémy, a přestože bude ohrožovat bezpečnostní šifrování, nezničí jej přes noc. Aplikace pro kvantové výpočty budou specifické a cílené, protože pro obecné účely nebudou pravděpodobně nikdy ekonomicky opodstatněné. Tato technologie má potenciál k revoluci zejména v určitých průmyslových odvětvích.



gartner.com/SmarterWithGartner

Source: "Nature," Wikipedia
© 2019 Gartner, Inc. All rights reserved.

Gartner

Kvantové výpočty by mohly umožnit průlomy zejména v oblastech:

- strojového učení: vylepšené strojové učení díky rychlejší strukturované predikci, příklady zahrnují Boltzmannovy stroje, poloautomatizované učení, neohledávané učení a hluboké učení
- umělé inteligence: rychlejší výpočty mohou zlepšit vnímání, porozumění a diagnostiku poruch obvodu / binární klasifikátory
- chemie: nová hnojiva, katalyzátory, složení baterií povedou ke zlepšení využití zdrojů
- biochemie: nové léky, léky šité na míru
- finance: kvantové výpočty by umožnily rychlejší a složitější simulace metodou Monte Carlo; například obchodování, nestabilita trhu, optimalizace cen a zajišťovací strategie
- zdravotnictví: sekvenování genů DNA, optimalizace radioterapie / detekce mozkového nádoru by mohlo být provedeno v sekundách namísto hodinách nebo týdnech
- materiály: super silné materiály; antikoroční barvy; maziva; polovodiče

³¹⁷ [The CIO's Guide to Quantum Computing](#), Gartner, 2019

- počítačová věda: rychlejší funkce vícerozměrného vyhledávání; například optimalizace dotazů, matematika a simulace.

Kromě vývoje kvantových počítačů zaznamenává velký pokrok (stranou mediálního zájmu) i práce na kvantových sítích. Stejně jako v případě kvantového počítače, kvantový internet nenahrazuje běžný internet. Spíše půjde o jeho doplněk nebo větev, která vyřeší některé problémy, které současný internet trápí. Kvantový internet by měl být bezpečnější a rychlejší. Využívá klíčové jevy kvantové fyziky, jako je kvantové provázání, které dovoluje částicím s odlišnými kvantovými stavy sdílet mnohem užší vztah, než je tomu v případě klasické fyziky.³¹⁸ Pokud jsou dva propletené qubity geograficky odděleny (například jeden qubit v Praze a druhý v Londýně), měření obou by přineslo tentýž výsledek. Jakékoliv měření však systém poruší (informace zmizí) a každý narušitel bude za sebou nechávat stopu, což mu zabraňuje zcizit jakékoliv informace. Kvantový internet by tak měl pomocí kvantové superpozice stavů uložených v kvantových pamětech umožnit bezpečnou výměnu informací. Výsledná schopnost kódovat a dekódovat zprávy by byla jednou z nejsilnějších funkcí kvantového internetu. Internet je závislý na globálních sítích kabelů z optických vláken. Světelný signál ztrácí průchodem těmito kabely na dlouhé vzdálenosti svoji intenzitu, do sítí se proto musí v pravidelných intervalech zařazovat prvky, tzv. opakovací, které signály zesilují. V kvantové verzi internetu budou tyto klasické opakovací nahrazeny fotonickými, obsahujícími výhradně optické prvky, jako jsou jednofotonové zdroje, lineární optické prvky a fotonové detektory. Na překonávání překážek se velmi intenzivně pracuje. Japonským a kanadským fyzikům se v roce 2019 podařilo vytvořit první kvantový opakovací, který pracuje výhradně na základě zákonů fotoniky.³¹⁹ V únoru 2020 vědci z Argonne National Laboratory v USA a University of Chicago uvedli, že dosáhli kvantového propletení v síti kvantové smyčky na předměstí Chicaga, měřící 52 mil (83,7 km). Čínským vědcům se podařilo zapletení optickými vlákny do vzdálenosti 50 kilometrů. Použili speciální techniku, aby pomohli fotonům cestovat dále po standardních optických vláknech.³²⁰ Nizozemští vědci plánují dokončit projekt [propojení čtyř měst](#) mezi Haagem a Delftem během tohoto roku. Vědci na Harvardu a MIT na začátku roku 2020 našli způsob, jak napravit ztrátu signálu pomocí prototypového kvantového uzlu, který dokáže zachytit, uložit a provázat části kvantové informace.³²¹ Tyto výzkumy jsou chybějícím krokem k praktickému kvantovému internetu a významným krokem vpřed ve vývoji dálkových kvantových sítí. Díky nim by GPS navigace byla mnohem přesnější, než je tomu dnes, gravitační pole Země by se mapovalo tak podrobně, že by vědci mohli vidět vlnění gravitačních vln. Také by umožnilo teleportovat fotony ze vzdálených dalekohledů a propojit je do obří virtuální observatoře. Bylo by také možné, aby sítě supervýkonných kvantových počítačů po celém světě spolupracovaly a vytvářely neuvěřitelně složité simulace. To by mohlo vědcům umožnit například lépe porozumět chování molekul a proteinů a vyvíjet a testovat nové léky. Také by to mohlo pomoci fyzikům vyřešit některé z dlouhotrvajících tajemství reality vesmíru.³²² Iniciativu ve vývoji kvantové kryptografie převzala v posledních letech Čína, když prokázala možnost kvantově zašifrované komunikace na velké vzdálenosti za pomoci satelitu.³²³ Americké a evropské snahy o aplikaci kvantové kryptografie byly donedávna spíše teoretické, Čína³²⁴ už přešla k praktickému využití. Nová síť ve městě Jinan spojuje přibližně 200 uživatelů ze státního sektoru, především armády, úřadů, finančních institucí a správců infrastruktury. Potenciál kvantové technologie chce co nejdříve využít i Evropská unie. V říjnu 2018 zahájila Evropská komise [Quantum Technologies Flagship](#), desetiletou iniciativu ve výši 1 miliardy euro, která sdružuje zdroje kolem společně

³¹⁸ Vysvětlení kvantového provázání viz například <https://www.quantamagazine.org/entanglement-made-simple-20160428/>.

³¹⁹ Dle <https://www.matfyz.cz/clanky/1356-quantovy-internet-je-zase-o-neco-bliz>.

³²⁰ Yu, Y., Ma, F., Luo, X. et al.: [Entanglement of two quantum memories via fibres over dozens of kilometres](#). Nature 578, 240–245 (2020).

³²¹ Dle <https://phys.org/news/2020-03-link-quantum-internet.html>.

³²² <https://electronics.howstuffworks.com/future-tech/quantum-internet.htm>

³²³ <https://www.matfyz.cz/clanky/982-aktualita-z-fyziky-cinane-zlomili-rekord-v-delce-quantoveho-provazani>

³²⁴ Zatímco čínská laboratoř ve městě Che-fej získala v už v roce 2017 od vlády 10 miliard dolarů pro další rozvoj kvantových technologií, v USA byl schválen National Quantum Initiative Act na podporu kvantové vědy s investicí pouze 1,3 miliardy dolarů, která bude navíc rozprostřena mezi roky 2019 a 2023.

dohodnutého plánu vědy a techniky. Zahrnuto je pět oblastí: kvantová komunikace, kvantové výpočty, kvantová simulace, kvantová metrologie a snímání a základní věda. V období 2021–2027 budou kvantové technologie podporovány programem [Digital Europe](#), který bude rozvíjet a posilovat strategické evropské digitální kapacity, jakož i programem [Horizon Europe](#), přispívající k výzkumu a vesmírným aplikacím. V roce 2019 podepsali zástupci zemí EU (Česká republika až v roce 2020) prohlášení, v němž se dohodli, že během 12 měsíců prozkoumají, jak v příštích 10 letech zavést v celé EU kvantovou komunikační infrastrukturu (QCI). Ta by umožnila přenos a uložení informací a dat bezpečně a propojila komunikační prostředky v celé EU. Integrovala by kvantové technologie a systémy do konvenčních komunikačních infrastruktur a skládala se ze dvou prvků: pozemní části využívající stávající optické komunikační sítě a propojující strategické stránky na vnitrostátní a přeshraniční úrovni a vesmírné pro pokrytí dlouhých vzdáleností po celé EU a jiných kontinentů.³²⁵ QCI pomůže Evropě zabezpečit její kritickou infrastrukturu a šifrovací systémy před kybernetickými hrozbami, chránit před hackery inteligentní energetické sítě, řízení letového provozu, banky, zdravotnická zařízení a další. Umožní také datovým centrům bezpečně ukládat a vyměňovat si informace a zachovávat bezpečnost vládních údajů. Dlouhodobým plánem je, aby se infrastruktura QCI stala páteří evropského kvantového internetu, propojením kvantových počítačů, simulátorů a senzorů prostřednictvím kvantových sítí docílila bezpečné distribuce informací a zdrojů po celé Evropě.³²⁶

5G síť (pátá generace bezdrátových systémů) – na rozdíl od dosavadních technologií bude spektrum pro 5G síť rozděleno do tří rozdílných kmitočtových oblastí, na základě zvoleného frekvenčního pásma se dokáže přizpůsobit určitému nasazení z hlediska rychlosti připojení či dosahu signálu.³²⁷ Vylepšení 5 G sítí umožňuje, aby satelity s nízkou oběžnou dráhou (LEO) fungovaly v mnohem nižších nadmořských výškách (přibližně 2 tisíce km nebo méně) než tradiční geostacionární systémy. Výsledkem jsou globální širokopásmové nebo úzkopásmové hlasové a datové síťové služby, včetně oblastí s malým nebo žádným stávajícím pozemním nebo satcomovým pokrytím. 5G síť umožňuje přístup k internetu většímu počtu zařízení při současném přibližně desetinásobném zvýšení přenosové rychlosti a podstatně snížené době odezvy.³²⁸ Nyní jsou důležité zejména pro aplikace

³²⁵ Vývoj pozemních komponentů kvantové komunikační infrastruktury bude v zodpovědnosti generálního ředitelství Evropské komise pro komunikační sítě, obsah a technologie (DG Connect). Bude se skládat ze série kvantových komunikačních sítí, které spojí institucionální uživatele a jejich kritickou infrastrukturu, stejně jako citlivá komunikační a datová místa v Evropě. Kosmická komponenta systému, známá jako SAGA (Security And cryptographic mission) bude vyvinutá pod dohledem ESA a bude se skládat z družic vybavených kvantovými komunikačními systémy s celoevropským dosahem (Evropská komise podepsala už smlouvu s Evropskou kosmickou agenturou). Kromě podpory evropské autonomie a přední pozice ve vědě na tomto strategickém poli zapadá vytvoření kvantové komunikační infrastruktury do strategie ESA zaměřené na vytvoření nových podnikatelských příležitostí pro evropské společnosti, a to podporou vývoje inovativních technologií a systémů. Program ESA ARTES (Advanced Research in Telecommunications Systems) podporuje podobné inovace v nových produktech, službách a aplikacích, a to včetně SAGA coby součásti strategie 4S (Space Systems for Safety and Security). Dle <https://www.czechspaceportal.cz/7-sekce/aktuality/evropska-quantova-komunikacni-sit-ziskava-tvar.html>.

³²⁶ Dle <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/future-quantum-eu-countries-plan-ultra-secure-communication-network>.

³²⁷ Pro zajištění kvalitního 5G signálu bude potřeba precizně vyrobeného anténního systému, který představuje klíčový element celého 5G řešení. Aktuální 4G zařízení spoléhají na MIMO konfigurace antén (několik antén v jednom zařízení, které se používají pro současný příjem a odesílání informací). Společně s příchodem 5G dojde také k rozšíření MIMO od jednodušších 8 x 2 až k masivním 64 x 64 konfiguracím (5G Massive MIMO). Fyzická velikost celé certifikované 5G antény i BTS stanice je velmi podobná stávajícím LTE řešením, avšak samotný element 5G antény je podstatně menší, což povoluje mnohonásobně komplexnější MIMO konfigurace i v kompaktních zařízeních. Vzhledem k citlivosti u 5G sítí ve vyšších kmitočtech (sítě mmWave), se očekává také časté využití aktivních antén, které budou obsahovat elektricky napájené komponenty pro lepší zisk a filtraci signálu. Na trhu lze momentálně nalézt takzvané „5G-Ready“ antény, které dokážou připravit na připojení do 5G sítí ve specifickém pásmu, je však třeba dbát na to, že se jedná o produkty, které jsou pouze nalaďené na kompatibilní frekvenční pásmo, ale zatím nepodlehly fyzickému testování v 5G sítích. Dle *Co přinesou 5G síť nové generace?*, <https://www.volty.cz/2020/03/24/co-prinesou-5g-site-nove-generace/>.

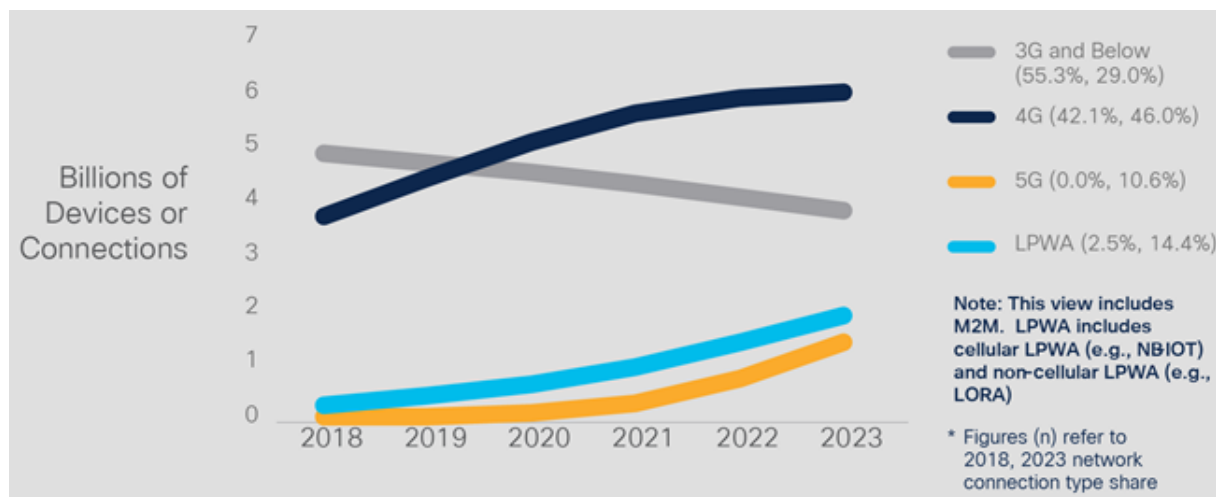
³²⁸ Nižší část kmitočtového spektra, které reprezentuje oblast frekvencí do 1 GHz, poskytuje vynikající pokrytí a penetraci signálu, na druhou stranu v ní jen limitována přenosová rychlost (100 Mbps). Střední část

nových technologií v průmyslu,³²⁹ s narůstajícím počtem předmětů připojených k síti poté bude stěžejní i pro internet věcí, autonomní vozy, složité lékařské operace prováděné operátorem na dálku, pro umělou inteligenci nebo virtuální i rozšířenou realitu. Kromě rychlosti je dalším benefitem sítí nové generace i úspora. Očekává se, že 5G zařízení mohou přecházet do velmi úsporných režimů bez přerušení připojení v případě, že není linka využívána nebo není dostupná – z nové generace budou čerpat i bateriově napájené IoT zařízení, kde je úspora energie klíčovým aspektem při návrhu zařízení. Tyto energeticky úsporné systémy, zaměřené na M2M (machine to machine) komunikaci v 5G se nazývají mMTC (machine-type-comms), jedná se tak o „nástupce“ dosavadního NB-IoT (narrow band). Hustota sítě se neustále zvyšuje, počet chytrých zařízení nezastavitelně roste. Podle odborníků bude rok 2020 pro 5G sítě klíčovým – budou se rozvíjet privátní kampusové 5G sítě, které mají potenciál nahradit rozsáhlé kabelové sítě. Ty totiž zatím nemohly být řešeny bezdrátově, protože WLAN a LTE sítě nesplňovaly požadavky na průmyslové nasazení. K prvním oblastem nasazování privátních 5G sítí budou patřit např. kontejnerové přístavy, letiště a rozsáhlé výrobní provozy, v nichž si vyměňují data desítky tisíc či více zařízení. Studie Deloitte vychází z předpokladu, že již koncem roku 2020 bude celosvětově využívat více než 100 firem v testovacím provozu privátní 5G kampusové sítě. To povede v následujících letech k rychlému růstu výdajů na vybudování potřebné infrastruktury. Jen za letošní rok by autonomní obslužní roboti v rámci propojení 5G sítí měli vygenerovat příjmy ve výši přesahující 16 miliard dolarů. Společnost Ericsson predikuje, že do konce roku 2023 bude prostřednictvím nejnovějších mobilních sítí připojena více než miliarda uživatelů (přibližně 12 % všech světových připojení) a přes síť 5G bude probíhat více než 20 % mobilního datového provozu. Během tohoto období se má objem datového toku zvýšit osminásobně a dosáhnout hodnoty kolem 100 exabytů měsíčně, hlavně v důsledku zvýšené konzumace obsahu koncovými uživateli. Na konci roku 2023 má být prostřednictvím sítí 5G připojena přibližně polovina severoamerických, třetina asijských a pětina západoevropských mobilních uživatelů. Do roku 2025 pak 5G bude mít 2,6 miliard připojení a bude ho využívat 65 % světové populace.³³⁰ Podle Evropské komise by ekonomické výhody technologie mohly do roku 2025 dosáhnout hodnoty 113 miliard eur, celosvětový přínos do roku 2035 je odhadován na více než 12 bilionů dolarů.

kmitočtového spektra s rozsahem 1 až 6 GHz představuje kompromis mezi přenosovou rychlostí (až do 1 Gbps) a dosahem, který úměrně klesá s rostoucí frekvencí. Nejrozsáhlejší část kmitočtového spektra zahrnuje oblast vyšší než 6 GHz (označována jako „mmWave“), počítá se zde s velmi vysokými přenosovými rychlostmi řádově až do 10 Gbps (10.000 Mbit/s) s extrémně nízkou latencí (odezvou připojení). Naopak dosah signálu a jeho penetrace je velmi omezena, jde o nasazení v rámci méně rozsáhlých prostor, jako jsou výrobní areály, továrny, kampusy, kancelářské prostory, kde lze dovolit hustší nasazení BTS (vysílacích stanic). Podle Mezinárodní telekomunikační unie musí být v 5G sítích po dobu 95 % datového přenosu dosahováno rychlostí 100 Mbit/s (12,8 MB/s) pro download a 50 Mbit/s (6,25 MB/s) pro upload. Komerční provoz 5G sítí ve světě jako první spustila roku 2019 Jižní Korea, průměrná rychlost stahování byla 111,8 Mbit/s a maximální naměřená 988 Mbit/s. Doba odezvy se pohybovala od 88 do 244 milisekund.

³²⁹ Pro průmysl bude nástup 5G sítí znamenat zcela novou etapu existence. On-line robotické jednotky programovatelné přes internet opět výrazně přiblíží výrobní haly k vizi autonomních továren, kde je přítomnost člověka zredukována na naprosté minimum (viz továrny 4.0).

³³⁰ [Ericsson Mobility Report November 2019](#), Ericsson, 2019



Zdroj: Cisco Annual Internet Report, 2018-2023

Počet zařízení IoT by měl počet mobilních telefonů převýšit víc než desetinásobně a zabezpečené bezdrátové přenosy pro výrobu, logistiku, dopravu, zdravotnictví, energetiku a média mají značně zlevnit instalaci chytrých řešení. Ve světě vznikly různé snahy vyvolat společenskou diskusi, jestli technologický přínos sítí páté generace vyváží potenciální rizika s tím spojená. V roce 2018 vznikla mezinárodní výzva proti zavádění 5G sítí. Jednou z negativních stránek je bezpečnostní riziko – vzhledem k navázaným technologiím bude třeba k sítím 5G přistupovat jako ke kritické infrastruktuře, na které bude postupně závislá další infrastruktura a masivní datové přenosy spolu s miliardami připojených zařízení IoT. Očekává se, že většina lidských činností se bude v budoucnu opírat o kybernetickou infrastrukturu a rozsáhlé digitální ekosystémy, z důvodu vyššího počtu přístupových bodů se tak významně rozšíří plocha pro kyberútoky. Druhým závažným problémem je zdravotní hledisko, zejména riziko výrazného nárůstu elektromagnetického záření, a to v nových, dosavadními technologiemi nepoužívaných frekvencích. Podle názorů mnoha vědců představuje vysokofrekvenční záření zdravotní riziko pro člověka i přírodu. Podle J. Moskowitz z Univerzity v Berkeley³³¹ je už shromážděno dostatek evidence, aby se z klasifikace „possibly carcinogenic to human“ (člověku možná karcinogenní)³³² přešlo k „probably carcinogenic to humans“ (člověku pravděpodobně karcinogenní) nebo dokonce „carcinogenic“ (karcinogenní). Zmiňován je dále dopad na genetickou informaci, který nelze zcela vyloučit kvůli krátké době existence mobilních sítí, plošně vyzařujících toto záření. Negativní dopad této technologie nebude mít pouze na člověka. Podle studie v časopisu Scientific Reports z roku 2018³³³ existuje rezonanční absorpce u hmyzu, který bude podle této studie vstřebávat vlnění o milimetrových vlnových délkách řádově stokrát více, než se děje u záření dosud užívaného. A to v situaci, kdy došlo k výraznému, 75–80% snížení populace létavého hmyzu oproti roku 1989. V Evropě a USA vznikly iniciativy vyzývající vlády k zastavení zavádění 5G sítí. V červnu roku 2019 adresovali OSN svou mezinárodní výzvu vědci, zabývající se problematikou elektromagnetického vlnění a jejími dopady na živé organismy. Podepsalo ji 247 vědců ze 42 států a žádají v ní, aby se touto problematikou začalo OSN vážně zabývat.³³⁴ Z důvodů přetrvávajících pochybností přerušilo své plány na zavádění 5G technologie například belgické hlavní město Brusel.³³⁵ I přesto jednotlivé státy postupně sítě páté generace nasazují (rok 2020 byl přitom co do

³³¹ Viz <https://news.berkeley.edu/2019/07/19/berkeley-talks-joel-moskowitz-cell-phones-electromagnetic-radiation/>.

³³² V roce 2011 je tak klasifikovala organizace [Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny Světové zdravotnické organizace](#) (International Agency for Research on Cancer (IARC) of the World Health Organization).

³³³ Thielens, A., Bell, G., Mortimore, D., Greco, M., Martens, L., Joseph, W. (2018): [Exposure of Insects to Radio-Frequency Electromagnetic Fields from 2 to 120 GHz](#), Scientific Reports

³³⁴ [Letter to the United Nations Environment Programme](#), June 2019

³³⁵ Viz <https://www.politico.eu/article/5g-radiation-health-cancer-21-century-tinfoil-hatters-take-brussels/>.

šíření této technologie očekáván jako zlomový)³³⁶ a hovoří se už o nástupci, sítích 6G. Jejich možnostmi se zabývají společnosti Huawei nebo Samsung, a to přesto, že k jejich komerčnímu využití nedojde dříve než za deset let. Očekává se, že sítě 6G by mohly dosahovat rychlostí v řádech tisíců gigabajtů za sekundu a vyšší stability.

V České republice je ovšem poměrně v nedohlednu i nasazení reálně využitelného 5G. V současné době se teprve chystá aukce kmitočtů, které jsou pro 5G pásmo potřeba.³³⁷ Až poté se mohou začít stavět nové vysílače nebo aktualizovat ty stávající. Současné zavádění 5G sítě probíhá na 4G infrastruktuře, dramaticky se tak omezuje její plný potenciál. I přesto se zvýší přenosová rychlost a zkrátí doba odezvy. Operátoři vidí v krátkodobém horizontu dvě zásadní aplikace. Náhradu pevného připojení, protože je drahé kopat, a kampusové sítě (průmyslové využití ve výrobních závodech). Někteří odborníci jsou velmi skeptičtí k možnosti pokrytí celého území a předpokládají, že pokryta budou maximálně města. V současné době ale neexistuje žádná aplikace pro 5G sítě, která by měla naději na masové rozšíření. Na zavádění 5G sítí tak tlačí zejména dodavatelé telekomunikačních technologií, kteří investovali mnoho peněz do výzkumu a vývoje (Huawei, Ericsson či Nokia). Přednostně budou 5G testovat Bílina, Karlovy Vary, Jeseník, Ústí nad Labem a Plzeň. V příštích dvou letech v nich operátoři zavedou vybrané služby chytrých sítí ještě před jejich plošným uvedením. Získají experimentální kmitočty pro spuštění sítí, podporu na posílení pracovního týmu, odborné konzultace, budou jim uhrazeny náklady na analytické a další související aktivity a také právo používat označení „Smart 5G město“. Města zvítězila v soutěži vypsané ministerstvem průmyslu a obchodu. Na síť nové generace se připravuje i akademická sféra. Například ostravská Vysoká škola báňská – Technická univerzita (VŠB-TUO) se chystá ve spolupráci s T-Mobile pokrýt kampus privátní sítí na technologii 5G.

Internet věcí (Internet of Things, IoT) – šíření mobilních zařízení, všudypřítomný internet a cloud computing vyvolal novou éru internetu věcí. IoT je jedním z nejdůležitějších mostů mezi fyzickými a digitálními aplikacemi umožněný čtvrtou průmyslovou revolucí.³³⁸ Je zastřešujícím termínem pro síť fyzických zařízení, která jsou vybavena elektronikou, softwarem, senzory, pohyblivými částmi a síťovou konektivitou, umožňující těmto zařízením propojit se a vyměňovat si data (připojení M2M – machine to machine). Každé z nich je jasně identifikovatelné díky implementovanému výpočetnímu systému, ale přesto je schopno pracovat samostatně v existující infrastruktuře internetu.³³⁹ Vzájemně propojená síť snímačů, aktuátorů a řídicích systémů má za cíl dosáhnout vyšší efektivity, bezpečnosti nebo komfortu. IoT zasáhne do mnoha oblastí běžného života. V poslední době se vyvíjejí nositelná zařízení (wearables), formující nový segment – „nositelná IoT“ (wearable IoT, WIoT). Nositelná elektronika je označení pro miniaturizovaná elektronická zařízení, která jsou navržena tak, aby mohla být běžně nošena člověkem. Zatímco mobilní zařízení lze také nosit v ruce či kapse, součástí produktů nositelné elektroniky je také návrh nějakého konkrétního způsobu nošení (upevnění na tělo, část oblečení anebo je oblečení navrženo spolu s ním). Nositelné technologie se snaží zapojit technologii

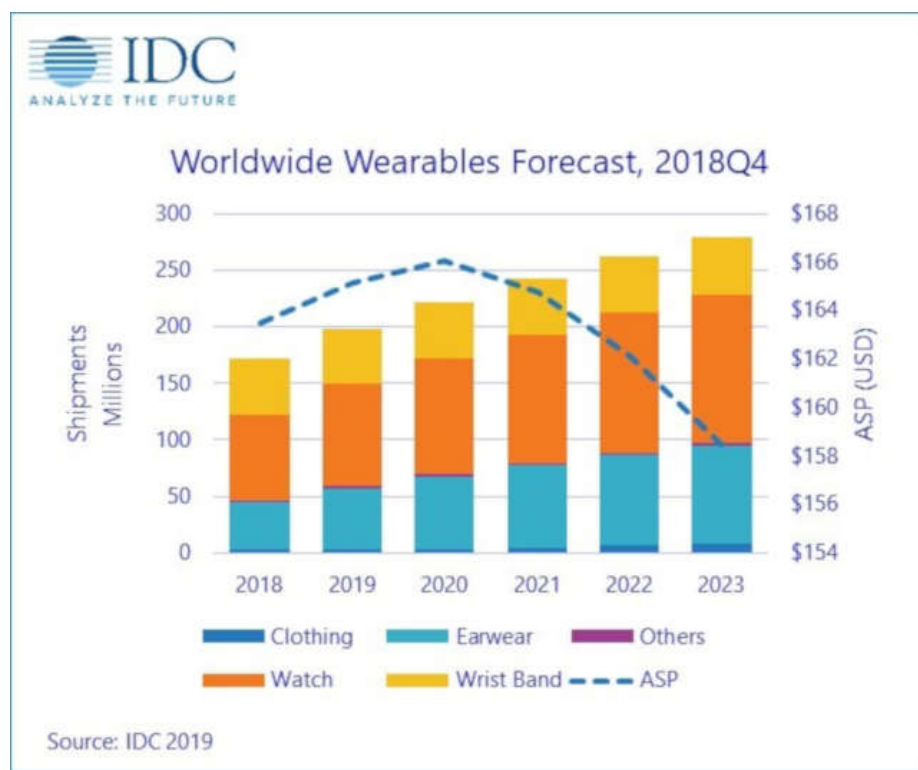
³³⁶ Hlavními hráči na trhu jsou firmy Nokia, Ericsson a Huawei. Evropská komise vydala v lednu roku 2020 doporučení, které nechává rozhodnutí ohledně rizikových firem na členských státech, zároveň však vyzývá k jednotnému postupu ve [společné unijní strategii](#). Spojené státy varovaly před čínskou společností Huawei, Velká Británie jí však i přesto povolila omezený podíl na tvorbě infrastruktury.

³³⁷ Momentálně tak probíhají technické zkoušky v laboratořích nebo v terénu. Například operátor O2 spustil v Kolíně testovací síť, o níž říká, že nabízí rychlost připojení, jakou nabídne právě 5G. Do komerčního provozu operátor spustil technologii LTE Advanced Pro, označovanou také jako 4,5G. Teoreticky může nabídnout rychlost až 1 Gb/s. Vodafone představil 5G v reálném provozu v části Karlových Varů v rámci filmového festivalu.

³³⁸ Klíčový článek M. Weisera z roku 1991 o všudypřítomném počítači (Počítač 21. století), stejně jako akademické platformy jako UbiComp a PerCom, stvořily současnou vizi IoT. Mezi roky 1993 a 1996 několik společností navrhlo řešení, teprve v roce 1999 se ale odvětví začalo rozvíjet. B. Joy představil komunikaci mezi jednotlivými zařízeními (D2D) jako součást svého „Six Webs“ frameworku, který byl uveden na Světovém ekonomickém fóru v Davosu. Koncepce IoT se stala populární prostřednictvím Auto-ID Center v MIT a souvisejících zveřejnění analýz trhu. Radiofrekvenční identifikaci (RFID) viděl K. Ashton (jeden ze zakladatelů původního Auto-ID Centra a autor termínu) jako předpoklad pro IoT. Ashton preferoval frázi „Internet pro věci“.

³³⁹ Zdroj: wikipedia.

do každodenního života a jsou úzce spojeny s konceptem ubicomp.³⁴⁰ V roce 2018 vlastnilo 35 % lidí nositelná zařízení, z toho 41 % Apple Watch, 35 % Fit Bit a 21 % zařízení značky Samsung.³⁴¹ Každým rokem počet uživatelů stoupá, v roce 2019 byly stěžením produktem v této kategorii bezdrátová sluchátka, na trhu se objevil i chytrý prsten. Za nejvíce nevyužitý segment trhu s velkým potenciálem je považováno chytré oblečení (i-wear), od běžeckých bot s vestavěnými fitness trackery po košile, které se mohou přes knoflík připojit k aplikaci pro smartphone.



Lidé dnes převážně používají WIoT jako samostatné technologie pro jednoduché úkoly, nikoli v rámci ekosystému připojených zařízení (například chytré hodinky nebo náramky připojují k chytrým telefonům, ale jejich přenosné nosiče používají pouze pro několik základních funkcí, například měření). Ve srovnání se stolními nebo mobilními zařízeními jsou WIoT pro některé účely nepraktické, zejména kvůli malé obrazovce. Připojení k jiným inteligentním zařízením může být někdy problematické také kvůli nutnosti síťového připojení a kompatibilního software. Zařízení jsou často vyrobena s nekompatibilní technologií, protože softwary jsou vyvíjeny různými společnostmi, které nemají motivaci nabízet integraci s konkurenčními softwarovými produkty. Od uživatelů se tak často vyžaduje, aby provedli další integrace samostatně, což mnoho lidí nechce nebo nemůže. Protože lidé používají WIoT pro vybrané omezené úkoly, nemotivuje je to, aby investovali do jiných zařízení IoT (52 % lidí vlastnících nositelná zařízení v roce 2018 neplánovalo v následujícím roce investovat do IoT). Velké naděje se vkládají do narůstající participace AI a připojení 5G. Vzhledem k tomu, že se stále více lidí nositelná zařízení používá, je to další ze způsobů shromažďování údajů o chování uživatelů a jejich použití pro cílený marketing. Kombinace nákupních zvyklostí uživatele, nákupní frekvence, délky pobytu v zařízení a hodnoty za položku bude nakonec představovat to, co marketéři označují jako

³⁴⁰ „Ubiquitous computing“ (nebo „ubiquitous computing“) je koncept, jehož hlavní vizí je začlenění výpočetní techniky do všech oblastí všedního života a její úplné vzájemné propojení, i do takových oblastí, ve kterých se původně nevyskytovaly nebo ve kterých byly dříve používány technologie, na něž nebylo nahlíženo jako na počítačové. Je založena na představě M. Wieslera o výpočetní technice jako integrální neviditelné součásti lidského života, v níž počítače ustupují do pozadí. Všudypřítomná práce na počítači může probíhat pomocí jakéhokoli zařízení, v libovolném místě a v libovolném formátu. Uživatel komunikuje s počítačem, který může existovat v mnoha různých formách, včetně přenosných počítačů, tabletů a IoT. Toto paradigma je také popisováno jako „pervasive computing“, „ambient intelligence“ nebo „everyware“. Deuze M.: *Media life: Život v médiích*, Karolinum, Praha 2016, *Všudypřítomná výpočetní technika*, <http://cz.panasystech.com/info/ubiquitous-computing-36009793.html>.

³⁴¹ Dle [výzkumu společnosti Clutch](#) z 15. 11. 2018.

„super data“, data, která umožní značkám nabídnout personalizované nakupování. Budoucnost nositelných zařízení může však i být v jejich „pasivních“ funkcích, konkrétně v monitorování zdraví.³⁴² Vědci věří, že budoucí generace WIoT bude transformovat sektor zdravotní péče. Jednotlivci budou sledováni nositelnými senzory, snímajícími životně důležité parametry, fyzickou aktivitu, chování a další, ovlivňující kvalitu každodenního života. Účinnou léčbu včasné odhalených nemocí bude možno spravovat na dálku a pacienti nebudou muset navštěvovat tak často lékaře.³⁴³ Počítá se také s postupným rozšířením IoT do domácností, s velkými inteligentními systémy využívající hlavní router nebo switch, který uživatelům poskytne centrální ovládání veškerých zařízení. Jednou z klíčových aplikací inteligentní domácnosti je pomoc zdravotně znevýhodněným či starým lidem, přizpůsobenou specifickému postižení člověka. Hlasové ovládání může pomoci uživatelům s omezením zraku a pohyblivosti, výstražné systémy mohou být připojeny přímo k implantátům, které užívají sluchově postižení lidé apod.³⁴⁴ Díky tomu, že zařízení IoT mohou shromažďovat velké množství dat, mají mnoho dalších využití – od monitorování životního prostředí (sledování kvality vody, ovzduší, půdních podmínek, pohybu živočichů, varování před tsunami a zemětřeseními) přes optimalizaci energie (vedle domácí optimalizace³⁴⁵ jde zejména o smart grid) po inovace v zemědělství (integrace bezdrátových senzorů se zemědělskými mobilními aplikacemi a cloudovými platformami pomáhá při sběru informací týkajících se okolních podmínek, monitorování a účinnému cílenému postupu při pěstování a chovu).

České zemědělství se nepřestává pod tlakem legislativy, klimatických změn a hledání úspor digitalizovat, z moderních technologií se stává nový nutný standard. Čeští zemědělci mají pro digitalizaci dle odborníků svých provozů ideální podmínky – území je pokryto kvalitním signálem IoT sítě,³⁴⁶ dodavatelé řešení mají know-how, technologie zlevňují, zlepšuje se jejich dostupnost a digitalizaci farem je nakloněn i stát. Dokládají to čísla agrotech startupu Agdata, největší české společnosti, která se digitalizací farem a implementací chytrých senzorů zabývá. Na konci roku 2019 její nástroje poprvé využívalo více než 1700 farmářů, což je asi 10 % ze všech, kteří mají zemědělství jako svou obživu, v roce 2019 jejich počet stoupl o více než desetinu. Celkem tito farmáři obdělávají pětinu zemědělské půdy. Digitální nástroje se nově objevily jak na polnostech malých farem, tak velkopodniků, stále větší zájem o ně mají také sadaři a vinaři, pronikají i do živočišné výroby. Výrazně narostl počet plně digitalizovaných farem – tedy těch, které využívají digitální software i IoT hardware jako běžnou součást svého hospodářství. Zastoupeny jsou sice v jednotkách procent případů, mezitím jejich počet však stoupl na zhruba dvojnásobek. Nejpoptávanějším produktem se staly chytré meteostanice, které poskytují v reálném čase hyperlokální předpověď počasí, na druhém místě je inteligentní GPS navigace, umožňující přehled o pojezdech mechanizace a plánování jízdy zemědělské techniky. Třetí nejpoptávanější jsou senzory na kontrolu úrody, které se staly novým standardem při ochraně plodin před novými druhy škůdců.³⁴⁷

Velkou budoucnost vidí odborníci v uplatnění IoT dronů.³⁴⁸ V nejbližších letech budou hlavními oblastmi využití průzkum a monitoring, protože jiné aplikace jsou technicky výrazně náročnější. Podle

³⁴² Dtto

³⁴³ Hiremath, Shivayogi & Yang, Geng & Mankodiya, Kunal. (2014): [Wearable Internet of Things: Concept, Architectural Components and Promises for Person-Centered Healthcare](#).

³⁴⁴ Domácí automatizaci ale budou využívat všichni, spotřebiče jako pračky a sušičky, robotické vysavače, čističky vzduchu, trouby nebo chladničky a mrazničky připojené k Wi-Fi ke vzdálenému sledování (stejně jako auta).

³⁴⁵ Očekává se, že zařízení IoT budou integrována do všech typů zařízení spotřebovávající energii a budou schopny komunikovat s dodavatelem energetických zařízení s cílem účinně vyvážit výrobu a spotřebu energie. Taková zařízení by také umožnila uživatelům vzdáleně řídit jejich zařízení nebo je centrálně spravovat.

³⁴⁶ Podrobně o platformách na našem území viz <https://www.systemonline.cz/trendy-ict/co-nabizi-soucasne-iot-platformy.htm>. Datová síť Sigfox funguje v Česku od roku 2016, v současné době pokrývá zhruba 96 % populace. Sigfox je specializovaný pro internet věcí a slouží pro bezpečný přenos malého množství dat na velké vzdálenosti s minimálními nároky na energii. Síť využívají jak soukromí podnikatelé, tak i chytrá města a orgány státní správy.

³⁴⁷ Dle <https://www.iot-portal.cz/2020/02/07/agdata-operuji-jiz-na-20-ceske-zemedelske-pudy/>.

³⁴⁸ Létající dron vznikl pro specifické využití pro armády, ale s tím, jak se vyvíjejí mobily a aplikace, se z něj za poměrně krátkou dobu stala masově přístupná věc. Kromě leteckých dronů jsou v prodeji už i [drony podvodní](#), u nichž se očekává stejný trend.

společnosti Gartner bude v roce 2020 celosvětově dodáno více než půl milionu podnikových IoT dronů, což představuje nárůst o 50 % oproti roku 2019. Do roku 2023 pak tento segment trhu vzroste na 1,3 milionu kusů. Mezi odvětví, která drony nasazují jako první (pomineme-li armádní využití), patří stavebnictví, kde slouží zejména ke kontrolám staveb, průzkumu stavebních lokalit a řízení zemních prací, také k zajištění bezpečnosti rozsáhlejších objektů i oblast požární ochrany.³⁴⁹ Vzniká stále více projektů využívající rozměrné drony pro osobní [městskou dopravu](#).³⁵⁰ zdá se však, že jejich nasazení není otázka blízké budoucnosti. EU nicméně tuto agendu považuje za aktuální a ve svých [dokumentech](#) se jí zabývá. V současné době jsou drony slibným dopravním prostředkem v rozvojových zemích, které nemají vybudovanou dopravní infrastrukturu, a mohou nahrazovat chybějící motorovou a železniční dopravu.³⁵¹

Pět hlavních oblastí využití IoT podnikových dronů, celosvětově, 2019-2023

(tisíce zařízení/koncových bodů)

Oblast využití	2019	2020	2021	2022	2023
Monitoring staveb	141,1	209,8	294,2	394,3	509,5
Monitoring požární ochrany	32,7	48,5	58,2	63,7	67,0
Vyšetřování pojistných událostí	31,8	46,4	67,2	96,3	135,8
Sběr policejních důkazů	26,8	45,1	60,4	72,0	80,7
Doručování v maloobchodě	12,9	24,9	44,4	75,1	122,0
Další oblasti využití	106,2	150,8	206,5	275,3	356,5
Celkem	351,5	525,6	730,9	976,7	1 271,6

Zdroj: Gartner, 2019 / <http://www.droneweb.cz/civilni-drony/item/340-drony-stavebnictvi-iot-statistika-gartner>

Česká republika není zemí, kde by továrny vyráběly velké množství dronů. Češi se [specializují](#) na programování nejrozličnějších aplikací pro drony nebo na vývoj bezpilotních letadel. V Plzni³⁵² vzniklo v roce 2016 [Centrum DRONET](#), které založila Správa informačních technologií města Plzně a které má za cíl přivést do společnosti podnikající v oblasti výroby dronů a vývoje aplikací, podnítit vznik nových firem a podporovat technické vzdělávání. Poskytuje zázemí začínajícím vývojářům dronů a všeho, co s nimi souvisí. Právě tam vyvinuli mimo jiné program, který pomocí fotek pořízených drony hlídá stav mostů. Zájem o létání s drony je v České republice veliký. Úřad pro civilní letectví na konci roku 2019 evidoval rekordní množství pilotů s povolením létat (935). Pro rekreační účely „bez papírů“ létají vyšší desítky tisíc dronů, přičemž prodeje nových modelů v internetových obchodech stále rostou. Důsledkem tohoto zahušťování vzdušného prostoru jsou pak častější přestupky. Souběžně s rekreačními letci přibývá dronů, k jejichž komerčnímu využití získali majitelé licenci. Úřad pro civilní letectví jich do konce roku 2018 vydal 685, do října 2019 jich už bylo 928. Mezi uživatele patří například pojišťovny. Zatímco dříve si k likvidaci složitějších pojistných událostí najímaly externí specializované firmy, nyní mají vlastní dronové divize (Česká pojišťovna používá čtyři letouny, s nimiž každoročně provede přes sto letů). Provoz dronů na naše, území zatím reguluje zákon o civilním letectví, který bude od července 2020 nahrazen novými celoevropskými pravidly. Registrovat sebe i letoun budou muset nově i rekreační piloti. Součástí registrace bude také

³⁴⁹ Zatímco v roce 2018 připadal ve stavebnictví jeden dron na 2 400 zaměstnanců, v roce 2020 to bude již jen 640 zaměstnanců. Do výbavy britských požárníků patří například i profesionální bezpilotní prostředky SkyRanger společnosti Aeryon Labs, které pomáhají zejména v orientaci na místě požáru a hledání epicentra či směru šíření ohně.

³⁵⁰ Viz například <https://www.weforum.org/agenda/2019/11/multicopter-helicopter-airtaxi-5g-technology-pioneers/> nebo <https://www.czechcrunch.cz/2020/03/rekordnich-vice-nez-6-miliard-korun-pro-vzdušne-taxiky-lilium-prvni-pasazeri-by-jimi-meli-letat-jiz-za-pet-let/>.

³⁵¹ Příkladem může být [projekt startupu Zipline](#), který za pomoci autonomních dronů doručuje krev do 21 různých zdravotnických zařízení po celé Rwandě už od roku 2016. O dalších projektech viz např. <https://www.suasnews.com/2019/12/here-come-the-roaring-20s-three-drone-companies-i-tip-for-the-next-decade/>.

³⁵² Město se snaží orientovat na moderní technologie a podpořit vznik technologických firem. V areálu plzeňského Světovaru má vzniknout v roce 2021 technologické centrum za půl miliardy korun. [TechTower](#) bude určen pro firmy, které se zaměřují na robotiku, umělou inteligenci, virtuální realitu nebo drony.

on-line test ze znalosti ovládání dronu a dokonce i meteorologie. Důvodem zpřísnění legislativy jsou i častější incidenty na letištích.³⁵³

Klíčovou oblastí vedle průmyslových IIoT systémů využívaných v průmyslu 4.0 je městská a vesnická infrastruktura, kde napomáhá k udržení bezpečnosti, plynulé dopravy, efektivnímu plánování oprav a údržby. IoT a big data budou formovat vzhled celých měst.³⁵⁴ Přístroje IoT mohou být použity k monitorování a řízení systémů automatizace budov a dopravních prostředků, koncept „inteligentního města“ (smart city) využívá big data a pokročilé AI systémy k jejich zpracování. Pouliční senzory, které snižují počet dopravních nehod a zácp, vyhřívají chodníky, na kterých taje sníh, budovy, které určují, kdy se mají vytápět, chladit a osvětlovat místnosti, pohotovostní a sociální služby, které vědí, kdy a kde lidé potřebují pomoc, automatické sběry odpadků k recyklaci či zpracování generující energii – to jsou příklady městských vylepšení, která jsou možná za předpokladu, že jsou shromažďovány a analyzovány údaje o chování lidí a objektů – „městské inteligenci“ (urban intelligence, UI). To otevírá opět otázku ochrany soukromí a zacházení s citlivými údaji. Klíčovým problémem je, jak využívat velká data a přitom chránit soukromí lidí. Debata o etickém využívání osobních údajů při rozvoji měst je v demokratické společnosti, citlivé na toto téma, už přítomná.³⁵⁵ Odborníci se jednoznačně shodují na tom, že než se objeví město plné senzorů, je nutné vypracovat kompletní soubor předpisů o jejich používání (a jimi shromažďovaných dat), a vypořádat se tak s problémy zachování soukromí a různorodosti.³⁵⁶

V současné době je potenciál IoT ještě nevyužitý, po nástupu 5G a dalším rozvojem IoT se ale počítá s jeho masivním zapojením do všech oblastí každodenního i pracovního života člověka. Experti odhadují, že IoT bude v roce 2020 zahrnovat přibližně 30 miliard zařízení a hodnota trhu 80 miliard dolarů. Mezi mobilními zařízeními je IoT nejrychleji rostoucím typem, následovaným smartphony. Do roku 2023 bude celosvětově existovat 3,6 síťových zařízení na 1 obyvatele, podíl připojení typu M2M vzroste na 50 %, přičemž podíl spotřebitelského segmentu bude 74 %, zatímco business segmentu 26 %. Největší podíl v IoT budou mít připojené domácí aplikace (v roce 2023 budou tvořit téměř polovinu zařízení M2M typu) a nejrychleji rostoucím typem aplikace bude připojené auto.³⁵⁷

³⁵³ Dle <https://www.e15.cz/domaci/ceske-nebe-zaplavuji-drony-rekordy-lamou-i-pokuty-1366693>.

³⁵⁴ Implementace internetu věcí, které umožňují lepší správu měst a systémů, už začala. [Songdo](#) v Jižní Koreji bylo první plně vybavené a zasíťované chytré město svého druhu. Téměř všechno v tomto městě je automatizováno nebo napojeno, propojeno a přeměněno na stálý tok dat, který je sledován a analyzován počítači s minimálním zásahem člověka. V čínském Hangzhou, kde se nachází ústředí firmy Alibaba, se shromažďují informace o dopravě v reálném čase a big data a AI se používá pro optimalizaci signálů semaforů. Říká se, že to ve městě dramaticky snížilo dopravní zácpy. Mezi nejvýraznější iniciativy patří [Smart Dubai](#), zahájený v roce 2013, spolu se [Smart Nation Singapore](#) (2014) a [Xiong'an New Area](#) v Číně (2017). V severní části Vídně pak vzniká chytrá čtvrť [Seestadt Aspern](#). Na místě budou fungovat inteligentní sítě, které umožní efektivnější řízení energie podle aktuální poptávky. Charakteristické pro tyto projekty je, že mají silnou politickou podporu. Jako deset „top smart“ stojících měst, využívající chytré aplikace a IoT, bývají označována zejména tato města: Düsseldorf, Bilbao, Helsinky, Taipei, Auckland, Ženeva, Oslo, Kodaň, Curych a Singapur. Viz <https://www.gigabitmaga-zine.com/top10/top-10-smart-cities-0>. Mezi další příklady rozsáhlých nasazení patří město Guangzhou Knowledge City, dále práce na zlepšení kvality ovzduší a vody a snížení hlukosti a zvýšení efektivity dopravy v San Jose v Kalifornii a inteligentní řízení provozu v západní části Singapuru.

³⁵⁵ Při plánování torontské čtvrti Quayside po vlně veřejné kritiky projektu otevřela společnost Sidewalk Labs 18 měsíční proces veřejného vyjednávání, ze kterého vzešel konečný návrh. Kanadská zkušenost může posloužit i v dalších obdobných projektech, který mimo jiné vyústil v příručku „občanských digitálních vztahů“, sestavenou na základě koordinované kampaně veřejného a soukromého sektoru. Podobněji o problematice zabezpečení osobních údajů viz Ryan, A: [Can smart cities help their residents without hurting their privacy?](#), 2019

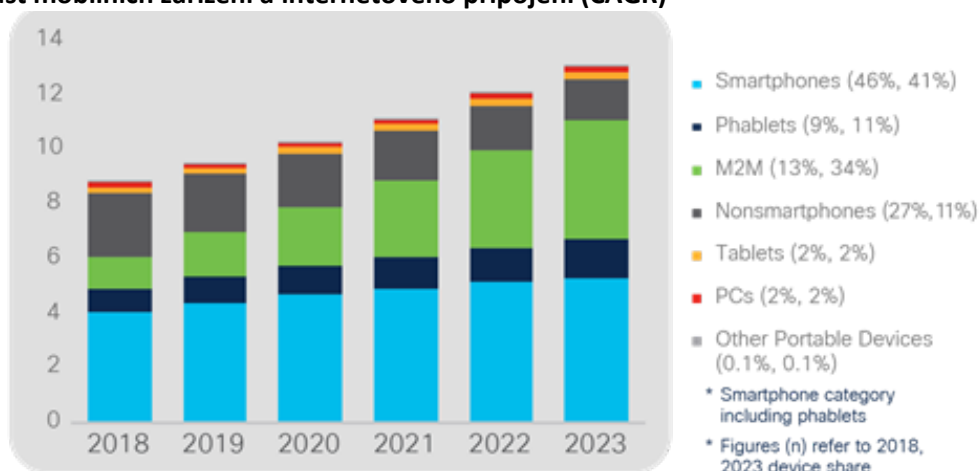
³⁵⁶ <https://www.archdaily.com/936533/6-visions-of-how-artificial-intelligence-will-change-architecture>

³⁵⁷ [Annual Internet Report, 2018-2023](#), Cisco

Roční globální růst mobilních zařízení a internetového připojení (CAGR)

8% CAGR
2018–2023

Billions of
Devices



Zdroj: Cisco Annual Internet Report, 2018-2023

Společnost Deloitte ve své studii³⁵⁸ upozornila, že podniky dostatečně nevyužívají potenciálu obchodní hodnoty IoT, a popsala strategie, jak mohou IoT řešení zlepšit nejen úspory firem a řízení rizik, ale růst výnosů a inovací. V souvislosti s předpovězeným prudkým nárůstem IoT zařízení je třeba brát v potaz negativní dopady s tím spojené. Kromě potenciálních dopadů na lidské zdraví, které byly zmíněné v souvislosti s 5G sítěmi, budou tato zařízení zcela jistě negativně ovlivňovat životní prostředí, ať zvyšováním spotřeby elektrické energie, tak tím, jak jsou vyráběna (spotřeba vzácných a toxických materiálů) a jak bude vypadat jejich životní cyklus (jak bude naloženo s již nepoužívanými přístroji). Je proto důležité, aby co nejvíce firem a uživatelů přistoupilo k dané problematice zodpovědně a snažilo se snížit negativní dopady na minimum. Ať už se jedná například o optimalizaci výroby anebo o recyklaci či likvidaci přenosných zařízení a jejich součástí. Stále přítomným problémem je také otázka bezpečnosti. Počet kybernetických útoků stále stoupá. Od roku 2018 do roku 2019 došlo globálně k nárůstu jejich počtu o 776 % mezi 100 Gb/s a 400 Gb/s Y/Y, počet útoků DDoS (distribuované odepření služby) se ze 7,9 milionu v roce 2018 zdvojnásobí na 15,4 milionu do roku 2023. Jak se technologie internetu věcí stále rozšiřují do všech aspektů každodenního života, a stávají se dokonce součástí lidských těl, otázky týkající se vlastnictví dat a ochrany soukromí nabývají na důležitosti. Podobně i v propojeném světě elektrických rozvodných sítí, veřejné infrastruktury, vozidel i budov se vzdáleným přístupem a kontrolou se zranitelnost vůči kybernetickým útokům a možnost, že tato narušení bezpečnosti způsobí vážné poškození, staly bezprecedentními.

Umělá inteligence (AI, artificial intelligence) – klíčovým aktérem čtvrté průmyslové revoluce a jedním z nejdůležitějších oborů posunující technický vývoj a s ním celé lidstvo dál je AI, zabývající se tvorbou strojů řešících komplexní úlohy z oblasti logistiky, robotiky, zpracování přirozeného jazyka či zpracování velkých objemů dat. „Strojové učení“ (machine learning, ML) je nejúspěšnější a největší součástí oboru umělé inteligence.³⁵⁹ Neuromorfní inženýrství (neuromorfní výpočetní technika) využívá obvody, které napodobují neurobiologické architektury nervového systému. Tento způsob ML bývá označován jako „hluboké učení“ (deep learning). Vědci ve společnostech Intel, IBM, HP, Purdue na MIT, Stanfordu a dalších vědeckých pracovištích doufají, že je využijí k vývoji superpočítače (kognitivního počítače) tisíckrát výkonnějšího než jakýkoliv dnešní počítač. Umělé neuronové sítě se snaží simulovat způsob, jakým funguje lidský mozek při učení.³⁶⁰ Tyto neuronové sítě (deep neural

³⁵⁸ [The Internet of Things Ecosystem. Unlocking the business value of connected devices](#), Deloitte 2014

³⁵⁹ Dalšími využívanými metodami jsou prohledávání stavového prostoru (metody pro strojové řešení úloh), expertní systémy, data mining (vytěžování dat) či genetické algoritmy (GA), které se snaží aplikací principů evoluční biologie nalézt řešení složitých problémů, pro které neexistují použitelné exaktní algoritmy.

³⁶⁰ Například Intel přišel v roce 2017 s experimentálním čipem Loihi, který emuluje neuromorfní umělý mozek. Namísto spoléhání jen na hrubou sílu běžných univerzálních CPU, jde o model přímo inspirovaný lidským mozkem. Intel zkoumal možnosti i potenciál technologie už od roku 2012, kdy vyrobil první zkušební procesor, který

networks, DNN) se dají vytrénovat k tomu, aby rozpoznávaly vzorce informací včetně řeči, textových údajů nebo vizuálních informací stejným způsobem, jak se učí děti.³⁶¹ Trh neuromorfních výpočetních systémů by měl podle analytické společnosti Grand View Research v roce 2024 dosáhnout velikosti až 6,5 miliardy dolarů, s průměrným růstem 20,2 % ročně. Podle společnosti Credence Research by měl tento trh do roku 2026 růst rychlostí až 34,3 % ročně. Vědci se také snaží nalézt cestu ke zlepšení jejich implementace za pomoci méně tradičních přístupů pro tvorbu hardwaru. Budoucí hardware, napodobující funkce lidského mozku, by mohl být postaven na ještě exotičtěších přístupech, jako je například použití memristorů – elektronických prvků, které se chovají jako proměnlivé odpory, jsou tedy přizpůsobivé, jako synapse neuronů. Experimentují také s využitím spintroniky, nebo se snaží dosáhnout vysoké energetické účinnosti, blíží se lidskému mozku, za pomoci supravodivých neuronů, vytvořených z nanodrátků. Další směr nabízí optronika, kde se zase vědci snaží pro přenos informací v synapsích mezi umělými neurony použít světlo. Tímto způsobem by teoreticky bylo možno, ve srovnání s biologickými neurony, dosáhnout až miliardkrát vyšších rychlostí přenosu informace.³⁶² Vývoj AI jde velmi rychle dopředu, v současnosti už existují programy, které mají schopnost vylepšovat se sami, bez lidského zásahu. Software AutoML-Zero, jehož koncept „přežije ten nevhodnější“ je vypůjčený z darwinovské evoluce, replikoval desetiletí výzkumu AI během několika dní a jeho autoři, vědci ze společnosti Google doufají, že jednoho dne objeví nové přístupy k AI.³⁶³ Jsme dnes svědky „industrializace AI“, protože se podnikové laboratoře, velké datové soubory a rozsáhlé IT infrastruktury stávají důležitějšími ve výzkumu AI, a zároveň „demokratizace AI“, protože software s otevřeným zdrojovým kódem, otevřená data a cloud computing usnadňují nasazení nejmodernějších systémů AI. Tyto změny mají vážné důsledky (podrobněji viz oddíly Ekonomické a Společenské faktory). Například i skutečnost, že vědci v akademické sféře potřebují stále více spolupracovat se soukromým sektorem, aby získali přístup k údajům a výpočetním prostředkům potřebným k zaškolení nejmodernějších systémů umělé inteligence, by takový výzkum mohla zkraslit nebo snížit jeho hodnotu. Šíření výzkumu AI prostřednictvím otevřených kanálů také vytváří velké výzvy pro regulátory, kteří musí sledovat dodržování předpisů v prostředí, kde je osvojení nebezpečných technologií AI velmi snadné.³⁶⁴

Stroje se učí analyzovat velká data (například označování obličejů na fotkách), na jejichž základě identifikují shodné a rozdílné znaky, z nichž pak dále vycházejí při svých vlastních analýzách. Podle [zprávy společnosti Cognilytica](#) z roku 2019 je více než 80 % času stráveného na projektech AI věnováno přípravě a zpracování dat. Ještě důležitější a možná překvapivé je, jak velká část této práce vyžaduje lidskou pozornost. Aby fungovaly dozorované formy strojového učení, zejména hluboké

namísto logických bran užívá neuronů jako jednotek, které mohou předávat signály různé síly. Mohou se též na-startovat, jen když je třeba. Mozek předává informace za pomoci pulsů, též však posiluje častá spojení a ukládá změny lokálně. Jako takový neuron nefunguje sám, ale musí interagovat s ostatními. Čip je velmi adaptabilní a učí se za chodu nové věci. Je vyroben 14 nm technologiemi. Čip Loihi měří 6 centimetrů a obsahuje více než 2 miliardy tranzistorů, 130 000 umělých neuronů a 130 milionů synapsí. Společnost Intel letos uvedla, že její neuromorfní systém Pohoiki Beach, který se skládá z 64 čipů Loihi spojených dohromady, aby simuloval 8 milionů neuronů, je zpřístupněn širší výzkumné komunitě, členům Intel Neuromorphic Research Community. Společnost Intel varuje, že neuromorfní systémy jsou stále ve fázi výzkumu a nejsou zamýšleny jako náhrada běžných počítačových systémů. Poukazuje na to, že poskytují výzkumným pracovníkům nástroj k vývoji a charakterizaci nových algoritmů inspirovaných neurologií pro zpracování v reálném čase, řešení problémů, přizpůsobení a učení. Letos úspěšně vyškolił svůj neuromorfní čip Loihi jako druh umělého nosu a identifikoval vůně deseti různých nebezpečných chemikálií. V budoucnosti by mohly být použity k identifikaci škodlivých látek, dokonce i nemocí (například Parkinsonova choroba je spojována s určitým typem pachu). Imam, N., Cleland, T. A.: [Rapid online learning and robust recall in a neuromorphic olfactory circuit](#), Nature Machine Intelligence 2, 2020. Čip od IBM, TrueNorth, představený v roce 2014, obsahuje 4096 jader. Každé jádro obsahuje 256 programovatelných umělých neuronů – celý čip jich tak má přes milion. Každý z nich je s okolními neurony propojen 256 programovatelnými synapsemi (celkový počet synapsí je tedy přes 268 milionů).

³⁶¹ <https://engineering.berkeley.edu/news/2020/04/learning-to-learn/>

³⁶² Dle <http://cekujvedu.cz/nove-objevy/neuromorfni-cipy-a-kognitivni-pocitace-predobrazem-je-lidsky-mozek-je-to-cesta-k-technologicke-singularite/>.

³⁶³ Viz <https://www.sciencemag.org/news/2020/04/artificial-intelligence-evolving-all-itself>.

³⁶⁴ Dle <https://thegradient.pub/the-economics-of-ai-today/>.

učení na bázi neuronových sítí, musí jim být poskytnuto velké množství příkladů správných dat, která jsou vhodně anotována a označena, s požadovaným výstupním výsledkem.³⁶⁵ Tato příprava a označování dat lidmi je nedílnou součástí vzniku každého nového modelu strojového učení. Zároveň roste řada dodavatelů (CloudFactory, Figure Eight či iMerit) této služby, takže firmy nemusí budovat vlastní personál a odborné znalosti. Nakonec bude existovat velké množství již vyškolených neuronových sítí, které mohou organizace použít pro své vlastní modelové účely, nebo mohou být rozšířeny přenosem do nových aplikací. Do té doby se však organizace musejí vypořádat s velkými náklady za lidskou práci (podle společnosti Cognilytica zabírá až 25% celkového času a nákladů na strojové učení).³⁶⁶ Techniky hlubokého učení (vícevrstevné neuronové sítě) od roku 2011 díky kombinaci výkonnějších počítačů, velkých souborů dat a vylepšených algoritmů dramaticky pokročily v rozpoznávání řeči, vizuálním rozpoznávání objektů a strojovém překladu, tři nejdůležitějších problémů v oboru, a začaly se tak přibližovat lidské inteligenci. V některých případech ji už překonaly. Například výzkumná firma DeepMind, kterou vlastní společnost Google, vyvíjí novou umělou inteligenci, která se učí chápat „myšlenkové pochody“ jiných umělých inteligencí.³⁶⁷ V současnosti mají vyspělé AI technologie praktické uplatnění v mnoha formách, výčet jejich upotřebení by neměl konce. Stojí v základu internetových služeb (placení online, vyhledávání či e-mailová komunikace), kromě již zmiňovaného průmyslového upotřebení AI v kombinaci s IIoT, využití ve zdravotnictví (sluchadla s algoritmy filtrující okolní šum, diagnostika, návrh léčebných plánů), armádě či pomoci v domácnosti jsou to i globální finanční trhy, kde investiční společnosti využívají ve velkém automatizované systémy pro obchodování na burze. Nové algoritmy hlubokého učení pomáhají i samotným vývojářům. Nový nástroj [AutoPerf](#) například identifikuje zdroj chyb, které vyplývají z aktualizací softwaru. Kromě diagnostiky regresí výkonu v softwaru má tento algoritmus potenciál i v dalších oblastech výzkumu, zejména v technologii autonomního řízení. Co se týče podnikové politiky, přední společnosti očekávají, že v příštím roce zdvojnásobí počet projektů umělé inteligence a podle průzkumu [Agenda Gartner 2020 CIO](#) plánuje do konce roku 2020 skutečně implementovat řešení umělé inteligence více než 40 % z nich. Podle společnosti Gartner vzroste využívání AI v cloudu od roku 2019 do roku 2023 pětkrát, čímž se AI stane jednou z nejlepších cloudových služeb. Tento programovací model je obzvláště lákavý ve veřejných cloudových prostředích díky jeho rychlé škálovatelnosti, vedoucí IT by měli identifikovat stávající ML projekty, které mohou těžit z těchto nových výpočetních schopností. Do roku 2022 bude více než 75 % organizací používat hluboké neurální sítě v případech, kde se používají klasické techniky strojového učení. Gartner také očekává, že do roku 2023 bude 40 % týmů I&O (Infrastructure and operations) ve velkých podnicích využívat automatizaci s rozšířením AI, což povede k vyšší produktivitě IT. Gartner však upozorňuje na to, že většina organizací se potýká s problémy při škálování pilotů AI na celou podnikovou výrobu, což omezuje schopnost realizovat její potenciální obchodní profit. Dosažení pozitivního dopadu na obchod (business impact) jde pomaleji, než se očekávalo. Firmy při implementaci naráží na „AI pilot paradox“ – nasazení technologií umělé inteligence je v pilotu snadné, ale jejich nasazení do výroby velmi náročné. Jednou z hlavních technologických výzev při využití technik AI jako je strojové učení

³⁶⁵ Do neuronové sítě se nahraje co největší množství vstupních dat, k nim sada správných výsledků a systém se sám pokusí odvodit souvislosti, jak k těmto výsledkům dospět. Na základě svých „poznatků“ se pak snaží k novým vstupním datům vrátit správný výsledek. Pokud je chybný, pokusí se to vymyslet jinak a postupně se tak zdokonaľuje až do požadované kvality. Kvalita výstupů neuronové sítě může být tak dobrá, jako jsou data, ze kterých se může empiricky učit. Pokud se například tvoří algoritmus strojového učení, aby uměl identifikovat na obrázku kočky, je třeba tento algoritmus vložit do tisíců obrázků koček, které jsou správně označeny jako kočky, a obrázky nemohou obsahovat žádná nesprávná data, která by při sestavování modelu vyřadily algoritmus.

³⁶⁶ Schmelzer, R.: [The Achilles' Heel Of AI](#), Forbes, March 7, 2019

³⁶⁷ V roce 2016 a 2017 porazil AlphaGo společnosti DeepMind mistra světa ve hře Go, a došlo tak k události, o které někteří odborníci předpovídali, že se stane nejdříve roku 2097, pokud vůbec. Prvním podobným mezníkem byla výhra počítače IBM Deep Blue nad G. Kasparovem v roce 1997, druhým pak mnohem sofistikovanější výhra softwarového systému IBM Watsona ve hře Jeopardy roku 2011. V únoru 2013 IBM oznámila, že první komerční aplikací Watsona bude řízení rozhodování o využití léčby rakoviny plic. DeepMind v současné době nachází praktické uplatnění ve výzkumu skládání bílkovin, viz <https://www.wired.co.uk/article/deepmind-protein-folding-alpha-fold>.

nebo hluboké neurální sítě v edge a IoT prostředích je složitost dat a analytiky. Úspěšné nasazení umělé inteligence v těchto prostředích bude vyžadovat úzké partnerství mezi obchodem a IT.³⁶⁸

Jednou z čím dál více využívaných AI technologií je technologie rozpoznávání obličeje (face recognition), kterou začaly využívat kromě bezpečnostních složek³⁶⁹ i společnosti v průmyslovém odvětví a obchodu, aby posílily bezpečnost a prevenci podvodů, využívá se také k řízení vstupu do škol a na pracoviště, na letištích, mnoho mobilní telefonů ji používá k určení majitele při odemknutí. V oblasti maloobchodního marketingu pomáhá snadno s cílením nabídky, stejně jako online reklamy používají osobní údaje k přizpůsobení reklam k uspokojení individuálních zájmů nebo preferencí svých zákazníků. V USA ji využívají i urychlení nákupu i řetězce stánku s občerstvením (Burger Fi, UFood Grill, Wao Bao či Malibu Poke). Počítá se i s využitím ve zdravotnictví, automobilovém průmyslu, hromadné dopravě či finančních službách.³⁷⁰ Obecně je rozpoznávání obličeje druhem biometrické technologie,³⁷¹ která posuzuje charakteristiky tváře osob za účelem jejich identifikace nebo ověření. Pokrokem v oblasti digitálních snímačů, výpočetního výkonu, analýzy dat a neuronových sítí se z rozpoznávání obličejů stala vysoce přesná technologie, která pomocí algoritmů analyzuje lidský obličej a porovnává kontury očí, nosu, rtů, uší a brady. Sotva viditelné snímače schopné sledování pohybu obličejů mohou být umístěné ve skrytých koutech a mohou dokonce používat algoritmy na určování emocí. Tato technologie je nasazována čím dál častěji a předpovídá se, že v příštích pár letech najde široké veřejné uplatnění. [Studie firmy Allied Market Research](#) uvádí, že roční obrat trhu s rozpoznáváním obrazu, který v roce 2017 dosáhl 17,91 miliardy dolarů, do roku 2025 vzroste na 86 miliard (ročně o 22 %). Největší vliv na tento rostoucí obrat budou mít právě systémy na identifikaci obličejů, protože se předpokládá, že zájem o ně ze strany policie i běžných firem dramaticky poroste – nejvíce v oblasti obchodu a dopravy a logistiky.

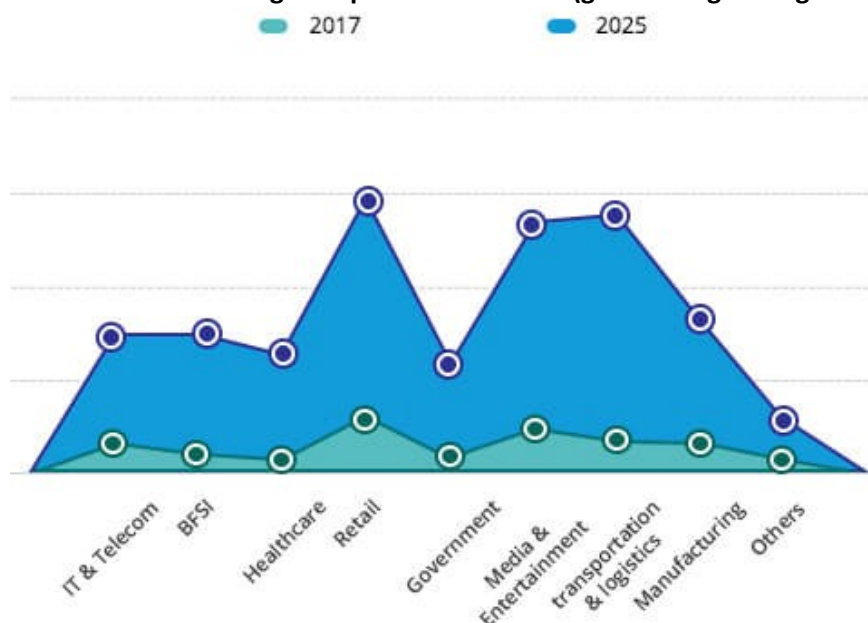
³⁶⁸ Dle <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-predicts-the-future-of-ai-technologies/>.

³⁶⁹ V současnosti se skenování obličejů v USA lidé mohou setkat při letištních kontrolách, které zajišťují federální úřady, v přístavech nebo na velkých stadionech. Také mnoho policejních oddělení včetně New Yorku, Chicaga, Detroitu a Orlanda tuto technologii už začalo používat.

³⁷⁰ <https://www.analyticsinsight.net/how-facial-recognition-is-multiplying-and-will-soon-be-everywhere/>

³⁷¹ Biometrie jsou způsob, jak změřit fyzické vlastnosti osoby a ověřit její identitu. To, co člověka definuje a identifikuje, jsou jeho fyziologické vlastnosti jako otisky prstů a očí, nebo chování. Tyto vlastnosti jsou pro člověka jedinečné. Mezi hlavní biometrické techniky kromě rozpoznávání obličeje patří rozpoznávání hlasu, skenování dlaní a prstu, ověřování podpisu, geometrie ruky, stisknutí kláves, detektory chůze. Popularita biometrie postupně poroste s tím, jak budou příslušné senzory běžnější (snímače otisku) a vyspělejší (přední kamera), dále s rozvojem technik nezávislých na konkrétní hardwarové výbavě biometrickými senzory (tedy využívající spíše analýzu dat) na straně jedné a jak bude přibývat zařízení schopných snímat další biometrické parametry (například srdeční tep v případě nositelné elektroniky) na straně druhé. Vzhledem k tomu, že každou sekundu probíhá obrovské množství extrakce a výměny dat, je nezbytné, aby byl tento proces bezpečný a šifrovaný. To je místo, kde se IoT stává klíčovým – ve způsobu výměny dat a zlepšení procesu ověřování. Trh biometrie příští generace byl v roce 2019 oceněn na 16,36 miliardy dolarů a [očekává se](#), že do roku 2025 dosáhne hodnoty 93,88 miliardy dolarů. Biometrii patří podle odborníků budoucnost zejména díky pohodlí a lepšímu uživatelskému zážitku, které nabízí. Gartner předpovídá, že v roce 2022 bude 70 % podniků na pracovišti implementovat biometrickou autentifikaci pomocí smartphonu, nehledě na charakter koncového zařízení. V roce 2018 to bylo pouze 5 %. Dle <https://www.information-age.com/gartner-biometric-authentication-123478879/>.

Globální trh technologie rozpoznávání obrazu (global image recognition market)



Zdroj: Allied Market Research

Skutečnost, že tato technologie bude i vlivem čím dál rozšířenějšího komerčního využití během pár let v podstatě všudypřítomná, implikuje nutnost ustanovení jasných pravidel. Mnoho lídrů si už je vědomo nebezpečí všudypřítomného sledování, které s sebou používání technologie rozpoznávání nese, a usiluje o regulaci.³⁷² Jako odstrašující je dáván příklad čínských úřadů, které nainstalovaly po zemi více než 200 milionů kamer, sloužících nejen pro bezpečnostní účely. Téma se nyní otevřelo i v České republice, kde policie koncem roku 2019 požádala pražský magistrát, aby aktivoval v šesti místech funkci automatizovaného rozpoznávání obličejů, a otevřel tím debatu i u nás.³⁷³

Nové generace čipů – „edge AI čipy“ v sobě mají zabudovanou umělou inteligenci a umožňují její využití bez připojení k internetu.³⁷⁴ Deloitte ve svých [Technology, Media and Telecommunication 2020 Predictions](#) předpovídá, že se objeví v širší škále zařízení od chytrých telefonů až po roboty, přičemž se jich v roce 2020 prodá více než 750 milionů. Největší využití se podle studie očekává v oblasti spotřební elektroniky (90 %). Díky nim uživatelé budou moci využít např. rozpoznání řeči v chytrých hodinkách a zpracování obrazu v kamerách chytrých telefonů stejně jako senzory, roboty a IoT zařízení v průmyslu. Obrat dosáhne v segmentu AI čipů v roce 2020 celosvětově 2,6 miliardy dolarů, a poroste tak významně rychleji než zbytek trhu s čipy. Nicméně jde stále jen o zlomek na trhu s čipy, jehož celosvětové roční tržby se podle statistiky World Semiconductor Trade Statistics (WSTS) odhadují na 425 miliard dolarů.

³⁷² Prvním velkým americkým městem, které zakázalo policejní dohled s využitím face recognition je San Francisco (policie zde aktivně technologii ještě nevyužívala, jednalo se spíše o preventivní opatření). Americký think tank pro informační technologie a inovace (ITIF) ve svém prohlášení ale například uvedl, že nové technologie mohou policii pomoci najít podezřelé i pohřešované a že by její přísnější omezování USA hospodářsky velmi uškodilo. Její vicepresident D. Castro ve [svém svědectví](#) před americkým sněmovním výborem v lednu 2020 prohlásil, že není pochyb o tom, že komerční aplikace technologie rozpoznávání obličejů jsou pro spotřebitele prospěšné a vítané a že by kongres měl podporovat pozitivní použití a současně pečlivě omezovat možné zneužití.

³⁷³ Viz https://www.irozhlas.cz/zpravy-domov/kamery-sledovani-praha-policie-zlocin-sou-kromi_1911200600_cib.

³⁷⁴ Výpočty v rámci řešení AI dosud probíhaly v datových centrech, odkud byly výstupy následně poskytovány online, protože výkon čipů v koncových zařízeních nebyl dostatečný.

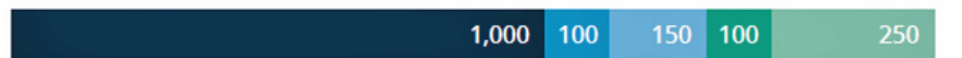
Vývoj trhu s edge AI čipy

Srovnání odhadu podle využití u různých typů zařízení v mil. jednotek

2020



2024



0 200 400 600 800 1,000 1,200 1,400 1,600

■ Smartphone ■ Tablet ■ Speaker ■ Wearable ■ Enterprise edge

Zdroj: Deloitte

Chatbot (chatovací robot) – je počítačový program určený k automatizované komunikaci s lidmi, jedná se nejenom o „klasický“ textový chat, ale ve stále větší míře o interakci v přirozeném mluveném jazyce, hlasového asistenta (nejznámějším systémem tohoto typu je Apple Siri, Amazon Alexa nebo Microsoft Cortana). Do oblasti služeb zákazníkům tyto systémy pronikají s určitým zpožděním, firmy péči o zákazníky pokládají za příliš důležitou, než by riskovaly snížení kvality poskytovaných služeb. Zákazníci mají nyní komunikaci s automatizovanými systémy podpory spojenou především s automatickou předvolbou pomocí tlačítek. Modernější verzí jsou chatboty, kteří jsou skutečně interaktivní a lidskému jazyku rozumí. Technologie natural language processing jsou zatím mnohem jednodušeji zvládnutelné v psané formě, takže chatboty jsou nasazovány spíše v rámci webových a mobilních aplikací a fór než v případě klasických kontaktních center. Ideální verze kontaktu znamená, že zákazník vůbec nepozná, že nekomunikuje s živým člověkem. Z pohledu operátorů bude dopad této technologie podobný jako v případě automatizace a robotizace v jiných oblastech - chatboty převzou především tu část komunikace se zákazníky, která je méně citlivá a kde člověk nepřinášel žádnou zvláštní přidanou hodnotu, pouze vyřizoval stále ty samé dotazy a poskytovatel víceméně standardizované odpovědi. Do kategorie těchto rutinních činností patří např. poskytování základních informací, vyhledávání, vyřizování rezervací a objednávek, problémy v případě zapomenutí hesla apod. Podle některých prognóz je právě letošní rok pro chatboty významným milníkem, a to i z hlediska jejich nasazování v rámci podnikových služeb. [Studie společnosti Deloitte](#) nicméně upozorňuje na to, že komplexnější služby zákazníkům nejsou jen záležitostí zvládnutí přirozeného jazyka. Za chatbotem musí stát podobně jako za živým operátorem obchodní logika, musí být napojen na další systémy firmy, eventuálně dokonce na rozhraní (API) třetích stran. Chatbot musí podobně jako živý operátor dokázat pracovat s databází znalostí, která se dnes rychle mění. Vývoj i údržba a další rozvoj takového systému představuje značnou investici a je náročná z i v jiných ohledech, a zřejmě i proto se řada podniků bude snažit tento postup neuspěchat a potenciálně disruptivní technologie implementovat opatrně a postupně. Objevují se i hlasy, které tvrdí, že tato technologie zatím není ještě dostatečně vyspělá na nasazení v praxi ani v angličtině a bude trvat 5 až 10 let, než budou vhodnou cestou. Důkazem může být [zkušenost firmy Kiwi](#).³⁷⁵

Podle experta Kai-Fu Leeho motorem vývoje už nejsou ani tak samotné inovace, jako spíše velikost trhu generující obrovské objemy dat, s nimiž technologické firmy pracují. Směr proto začínají udávat dvě velmoci – Čína se svými strategiemi pobídek a vládních programů a Spojené státy, které stále ještě platí za lídra v oblasti technologií. Autor ve své knize na obě velmoci apeluje, aby s rostoucí technologickou mocí převzaly i odpovědnost za změny, kterými lidstvo v nejbližší budoucnosti bude procházet.³⁷⁶ Největším evropským výzkumným konsorciem v oblasti umělé inteligence s partnery z vědy a průmyslu je německé [Cyber Valley](#). Zakládajícími partnery této iniciativy jsou stát Bádensko-Württembersko, společnost Maxe Plancka a Institutu Maxe Plancka pro inteligentní systémy, univerzity ve Stuttgartu a Tübingenu a společnosti Amazon, BMW AG, Daimler AG, IAV GmbH, Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, Robert Bosch GmbH a ZF Friedrichshafen AG. Partnerství vytvořilo

³⁷⁵ Viz <https://www.czechcrunch.cz/2020/03/chatboti-budou-na-dostatecne-urovni-za-5-az-10-let-v-it-je-to-ne-konecna-doba-rika-lukas-pulda-z-messageok/>.

³⁷⁶ Lee, K.: *Supervelmoci umělé inteligence: Čína, Silicon Valley a svět v éře AI*, Argo, Praha 2020

prosperující ekosystém, podporující živou výměnu mezi vědou a průmyslem a posílilo pozici regionu Stuttgart-Tübingen jako globálního lídra v oblasti výzkumu AI. Bylo založeno deset nových výzkumných skupin, jejichž výzkum se zaměřuje na strojové učení, robotiku a počítačové vidění. Odborníci varují, že se společnost málo připravuje na změnu, kterou nové technologie, zejména masivní využívání AI, přinese. Stát by se měl už nyní orientovat na práci s vysokou hodnotou a zaměřit se na vzdělání, tak aby se stal leaderem a nebyl v pozici „catch-up“. Vzhledem k rychlosti vývoje vzdělání nemůže odrážet trendy, ale musí se zaměřit na fundamenty a soft skills. Příkladem ostatním státům může být Singapur. Zároveň by měl stát podniknout správné kroky k regulaci AI a dalších technologií, které mají pro lidstvo nedožrnný potenciál. Evropská komise v únoru 2020 vydala „[White Paper on Artificial Intelligence](#)“, který je předběžným krokem k novým zákonům a předpisům, ve kterých plánuje na rozdíl od Číny a USA umělou inteligenci přísněji regulovat (včetně technologie facial recognition). Doufá, že regulace pomůže Evropě konkurovat získáním důvěry spotřebitelů, a tím přispět k širšímu přijetí AI. Zároveň Evropská komise chystá akční plán pro integraci AI do veřejných služeb, jako je doprava a zdravotnictví, a aktualizovat svou [strategii rozvoje AI z roku 2018](#), která přinesla do výzkumu 1,5 miliardy euro. Komise požaduje více výzkumu a vývoje, včetně zřízení „center excellence a testování AI“ a nových průmyslových partnerství k masovým investicím. Vedle toho rovněž nastínila samostatnou strategii na podporu sdílení údajů, částečně pro podpoření právé AI. OECD zpracovala problematiku AI ve své zprávě [Artificial Intelligence in Society](#) z roku 2019 včetně [přehledu AI politik a iniciativ](#). Iniciativu v oblasti etiky a dopadů AI na mezinárodní úrovni převzaly Francie a Kanada, které pracují na zřízení nezávislého mezinárodního [výboru pro poradenství v oblasti etiky](#) umělé inteligence (Declaration of the International Panel on Artificial Intelligence, IPAI). Mnoho expertů také sdílí obavu, že ve špatných rukou se může stát umělá inteligence destruktivním nástrojem a řeší otázku možných ochranných opatření. Ve zveřejněné stostránkové zprávě [Škodlivé využívání umělé inteligence: Prognóza, prevence a zmírňování](#)³⁷⁷ v roce 2018 vyjádřilo 26 předních odborníků na umělou inteligenci, kyberzločin a robotiku znepokojení, že v příštích deseti letech by mohla zvyšující se efektivnost umělé inteligence posílit počítačovou kriminalitu (ohrožení digitální bezpečnosti), teroristé by mohli využívat drony či roboty (ohrožení fyzické bezpečnosti) a autoritativní režimy zase sledování, persvaze a manipulace (ohrožení politické svobody). Zpráva mimo jiné silně varuje před nárůstem „spear phishingu“ (techniky používané na internetu na získávání citlivých údajů, která se v posledních letech rozvíjí) či vzetupem vysoce uvěřitelných falešných videí („deepfake“), ve kterých jsou falešně zobrazovány významné osobnosti nebo události za účelem manipulace veřejného mínění.³⁷⁸ Zaměřuje se na to, co nefunguje, a navrhuje postupy, které by mohly pomoci: například jak navrhnout software a hardware tak, aby byl odolnější hackerům, jaký typ zákonů a mezinárodních předpisů by se měl přijmout. Vědci naléhají na výzkumné pracovníky, aby přistupovali k technologii obezřetně a přemýšleli o negativních implikacích svých výzkumů, zároveň také na politiky, aby podnikli nutná opatření a s vědci spolupracovali. Protože AI je pouze nástroj a systémy se učí podle svých tvůrců, jejichž záměry mohou být jakékoliv, je tato obava jistě na místě. Pravděpodobně největší obavou je strach ze superinteligence³⁷⁹ nebo že AI dosáhne lidské úrovně, uvědomí si sebe

³⁷⁷ [The Malicious Use of Artificial Intelligence: Forecasting, Prevention, and Mitigation](#), 2018. Zpráva předcházela workshop předních AI výzkumníků v roce 2017.

³⁷⁸ Deepfake se v dnešním digitalizovaném světě velmi rychle šíří. Jedná se o mediální formu, která „vloží“ člověka do existujícího obrazu, zvukového záznamu nebo videa. Společnosti YouTube, Facebook nebo Twitter se zavázaly, že budou proti nim i dalším manipulativním příspěvkům bojovat a takové obsahy odstraňovat. Kromě toho vyvíjejí aliance akademických institucí, neziskových organizací a dalších techniky pro detekci zavádějících příspěvků nebo obsahu vytvářeného AI. V této souvislosti tým z University of California, Berkeley a University of Southern California v minulém roce vyškolic model, který na základě přesných datových bodů pohybů, tiků a výrazů lidí, včetně toho, jak zvedají horní rty a otáčejí hlavy, když se mračí, umí rozeznat tato videa s více než 90% přesností. V roce 2018 se také členové programu Media Forensics v Agentuře pro obranný výzkum USA (DARPA) experimentovali se systémy pro identifikaci videí generovaných AI na základě znaků jako je nepřírozené blikání, podivné pohyby hlavy, nepřírozená barva očí a dalších. Dle <https://www.analytcsinsight.net/tech-companies-preparing-stop-deepfakes/>.

³⁷⁹ Superinteligence je stav, kdy umělá inteligence přeroste tu lidskou.

sama, nahradí člověka a přestane se starat o existenci lidstva (tzv. singularity).³⁸⁰ N. Bolstrom ve své knize *Superintelligence* vyjádřil už v roce 2014 obavu, že serióznějšímu řešení této otázky brání veřejná mediální bublina v podobě armád „zlovolných robotů“, obrázků Terminátorů apod. To pak může způsobit, že vědci budou zlehčovat jakékoliv reálné obavy týkající se pokročilé strojové inteligence, což bude hrát do karet panikářům, regulátorům a kritikům a nadejde „zima AI“. Vyzývá k trpělivosti, zdrženlivosti a velkorysosti a zdůrazňuje nutnost debat a spolupráce. Přes všechna možná rizika spojená s AI věří, že se to nestane a že umělá inteligence bude mít dobrou pověst a dostatek financí (což lze v tento okamžik – 6 let poté – potvrdit, včetně toho, že se otázkou regulace začali zabývat už političtí představitelé). Byl také jedním ze signatářů [otevřeného dopisu](#), v němž bylo nejprve uvedeno, že kombinace lidské a umělé inteligence má obrovské potenciální výhody, včetně možného odstranění chudoby a nemocí, zároveň v něm však bylo obsaženo varování a požadavek vypracování více studií o dopadech umělé inteligence na společnost. Byl vydán spolu s 12 stránkovým návrhem pro konkrétní výzkumné subjekty. Dopis byl podepsán nejuznávanějšími jmény v oboru včetně známých osobností – Stephena Hawkinga, Elona Muska, Petera Norviga, Maxe Tegmarka, Stuarta Russella, Erica Horvitz, Steva Wozniaka či Erika Brynjolfssona. Počítačový vědec S. Russell ve své poslední knize *Human Compatible* varuje, že pokud lidé nebudou při navrhování umělé inteligence opatrní, riskují vytvoření „superintelligentních“ strojů, jejichž cíle nebudou adekvátně sladěny s těmi lidskými.³⁸¹ Russell tvrdí, že inteligence není něco záhadného, co může existovat pouze v biologických organismech, ale je to ve své podstatě zpracování informací, které může být v budoucnosti prováděno ještě lépe. Logicky k tomu podle něj jednou dojde (netvrdí však, že to bude brzy, dobu odhaduje na 80 let, přičemž však zdůrazňuje, že načasování nelze předvídat). Zvědavost a zisk budou i nadále neúprosně řídit dnešní rychlé tempo rozvoje AI, dokud nakonec nedosáhne úrovně „umělé obecné inteligence“ (Artificial General Intelligence, AGI), která dokáže provádět všechny intelektuální úkoly stejně nebo lépe než lidé. AGI by mohlo být prospěšné k rozumnému řešení naléhavých problémů a vytvoření světa bez nemocí, chudoby a bídy, věci však také mohou nabrat špatný směr. Russell vysvětluje, že skutečným rizikem AGI není zlo zpodobněné v hollywoodských filmech, ale kompetence: „Pokud do stroje vložíme nesprávný objekt a je inteligentnější než my, prohráme.“³⁸² Příkladem toho, jaké to je stát proti záměrům vysoké inteligence, jejíž cíle se neshodují s nejlepšími záměry pro lidstvo, můžeme vidět už teď na příkladu některých nadnárodních společností. Russell zároveň navrhuje konkrétní a slibné technické řešení, které předefinuje samotný základ strojového učení. Standardní model umělé inteligence je dát systému strojového učení fixní cíl a poté jej vyškolit pomocí velkého množství dat. Russellovo řešení spočívá v tom, že opouští tyto standardní modely s pevným cílem a snaží se naprogramovat systémy tak, aby splnily cíl pomocí techniky známé pod názvem „inverzní posilování učení“ (Inverse Reinforcement Learning, IRL).³⁸³ Snaží se tak transformovat pobídky AI – protože si lidé nemohou být jistí, že umělá inteligence plně porozumí jejich cílům formou fixních zadání, měla by se aktivně snažit učit se více o tom, co je jejich opravdovým záměrem. Tím, že si nikdy nebude zcela jista, bude kdykoliv otevřena možnosti přesměrování nebo dokonce vypnutí. Russell se dále se zasazuje o „prokazatelně prospěšnou“ umělou inteligenci, jejíž algoritmy jsou matematicky prokazatelně využívány ve prospěch uživatelů. Stačí říci,

³⁸⁰ Nástrojem pro detekci inteligence u lidmi vytvořených strojů je „Turingův stroj“ britského vědce Alana Turinga z roku 1950. Podrobnou analýzu podává F. Tvrdý ve své práci [Turingův test](#). Tvrdý, F.: *Turingův test. Filosofické aspekty umělé inteligence*. Disertační práce, Filosofická fakulta Univerzity Palackého v Olomouci, 2011.

³⁸¹ Jinými slovy udělají to, co lidé žádají, ale ne to, co měli v úmyslu. Jako příklad takového špatně vytyčeného cíle uvádí superintelligentní systém kontroly klimatu, který dojde k přesvědčení, že řešením obnovení koncentrace oxidu uhličitého na předindustriální úroveň je snížit lidskou populaci na nulu. Russell popisuje, že raní průkopníci umělé inteligence jako Alan Turing, John von Neumann a [Norbert Wiener](#) (mimo jiné autor pojmu kybernetika) si byli vědomi tohoto problému a jak následné generace výzkumníků na něj zapomněly, jakmile se objevily praktické aplikace a obchodní příležitosti.

³⁸² Russell, S.: *Human Compatible. Artificial Intelligence and the Problem of Control*, Viking, New York 2019

³⁸³ IRL je oblast učení cílů, hodnot nebo odměn agenta pozorováním jeho chování. Stejně jako je funkce odměny, protože je nejstručnější, nejobsáhlejší a nejprenositelnější definicí úkolu – kvantifikuje, jak dobré nebo špatné jsou určité akce. Jakmile je správně definována funkce odměny, problém se zredukuje na nalezení správné politiky a lze ji vyřešit pomocí standardních metod posilování učení. I zde však leží před vědci problémy, které v současnosti zatím neumí vyřešit. Podrobně viz <https://people.eecs.berkeley.edu/~pabbeel/cs287-fa12/slides/inverseRL.pdf>, <https://towardsdatascience.com/inverse-reinforcement-learning-6453b7cdc90d>.

že se jedná o nedokončenou práci a moci si odpovědět na otázku, jak se AI vypořádá s AI toho druhého. Russellův pohled rozšiřuje argumenty filozofa N. Bostroma, který AI superinteligenci označuje jako „intelekt, který je mnohem chytřejší než nejlepší lidské mozky v prakticky každé oblasti, včetně vědecké tvořivosti, obecné moudrosti a sociálních dovedností.“³⁸⁴ Bostrom a Russell předpokládají superinteligenci s obrovskými obecnými schopnostmi na rozdíl od dnešních úzce specializovaných strojů. To vše však předpokládá, že systémy dokážou a budou schopny dosáhnout cíle AGI a že my jako druh nebo společnost nebudeme schopni zavést ochranná opatření, aby počítačům zabránila v dosažení tohoto bodu.³⁸⁵ Velkým protiargumentem tak je, že lidstvo je stále velmi daleko k dosažení AGI. Zatímco mnoho technologií v rámci AI své specializace směřuje k čím dál větší dokonalosti, existují oblasti, které dobře nefungují. Data jsou stále základním kamenem AI a mnoho z nich je ještě chaotických a nedokonalých.³⁸⁶ I přes to, jak rychlý vývoj AI v posledním desetiletí prodělala, tak její limity zůstávají výrazné a mnoho vědců nevěří, že by bylo možné dosáhnout singularity, natož superinteligence.³⁸⁷ Někteří odborníci také namítají, že zastánci superinteligence podceňují složitost obecné inteligence na lidské úrovni. Lidská inteligence je podle nich silně integrovaný systém, jehož atributy – včetně emocí, tužeb a silného pocitu sobectví a autonomie – nelze snadno oddělit. Pokud bude AGI někdy vytvořeno, jeho cíle, stejně jako ty lidské, nebudou moci být snadno „vložené“ nebo „narovnané“. Spíše se budou rozvíjet spolu s dalšími vlastnostmi, které tvoří jeho inteligenci, jako výsledek začlenění do lidské společnosti a kultury. Tlaky strojů k dosažení těchto cílů budou zmírněny zdravým rozumem, hodnotami a společenským úsudkem, bez kterého nemůže existovat obecná inteligence. A co víc, superinteligence bez lidských omezení může být mýtus, protože emoce a jiné nedostatky kognitivního poznání jsou neoddelitelnými aspekty obecné inteligence, která se z velké části vyvinula, aby lidé mohli fungovat jako sociální skupina. Je možné, že právě ty lidem umožňují být obecně inteligentními společenskými bytostmi.³⁸⁸ Existuje také problém, že téměř každá aplikace strojového učení dnes je „černá skříňka“, neprůhledná síť závaží a hodnot, která se vyhýbá lidskému porozumění, což by mělo lidi varovat, aby mu ve všem vždy slepě nedůvěřovali.³⁸⁹

³⁸⁴ Bostrom, N.: *Superintelligence. Až budou stroje chytřejší než lidé*, Prostor, Praha 2017.

³⁸⁵ V poslední době vyšlo na toto téma poměrně mnoho knih, jmenujme například *Our Final Invention: Artificial Intelligence and the End of the Human Era* J. Barrata, *Life 3.0: Being Human in the Age of Artificial Intelligence* M. Tegmarka, *Superintelligence. Paths, Dangers, Strategies* N. Bostroma, *Human Compatible. Artificial Intelligence and the Problem of Control* S. Russela, *Rebooting AI: Building Artificial Intelligence We Can Trust* G. Markuse a E. Davise, *Artificial Intelligence: A Guide for Thinking Humans* M. Mitchell, *The Ethical Algorithm: The Science of Socially Aware Algorithm Design* M. Kearns a A. Rotha nebo *21 Lessons for the 21 Century* Y. Harariho. Jako jeden z prvních toto téma veřejně otevřel R. Kurzweil (jedna z klíčových postav technologického vývoje ve společnosti Google) v knize *The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology*, která vyšla v roce 2006, v níž prorokuje, že během několika desetiletí budou IT zahrnovat veškeré lidské znalosti, dovednosti pro řešení problémů a emoční i morální inteligenci lidského mozku.

³⁸⁶ <https://www.forbes.com/sites/cognitiveworld/2019/10/31/should-we-be-afraid-of-ai/#473f6fc04331>

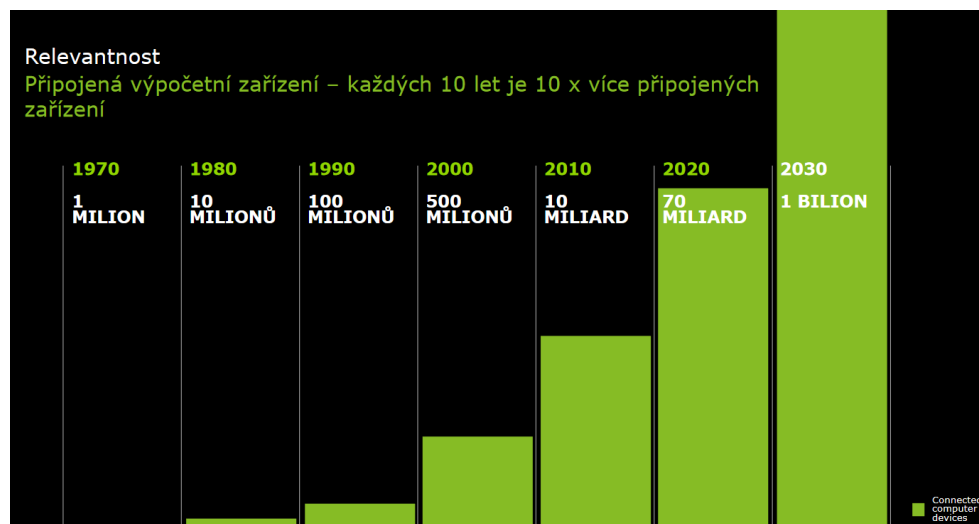
³⁸⁷ Někteří odborníci jsou přesvědčeni, že AI není schopna být univerzální. Zařízení, které bude ovládat auto budoucnosti, nebude současně schopné psát básně. Hlasová asistentka nebude zvládat chirurgické operace, přestože jiná zařízení toho schopná jsou. Jiní označují koncept singularity za nové náboženství, stvořené lidmi, kteří vytvořili a úspěšně nasadili výpočet tam, kde byl do té doby považován za nedostatečný. V Silicon Valley vytvořila kombinace groupthink (syndromu skupinového myšlení) a finančního úspěchu kultu technologie zpětnou smyčku, ve které chybí prvek samoregulace (ačkoli #techwontbuild, #metoo a #timesup k určité reflexi nutí). V exponenciálních křivkách „Singularity“ vidí superinteligenci a hojnost. Většina lidí mimo bublinu však věří, že se přírodní systémy chovají jako křivky S, kde systémy reagují a samoregulují se. Místo přemýšlení o strojové inteligenci typu lidé vs. stroje by se měl zvážit systém, který lidi a stroje integruje – ne umělou inteligenci, ale „rozšířenou inteligenci“. Namísto pokusů o ovládání, navrhování nebo dokonce pochopení systémů je důležitější navrhovat systémy, které jednají jako vědomé a zodpovědné součásti komplexních systémů. Ito, J.: [Forget about artificial intelligence, extended intelligence is the future. We should challenge the cult of Singularity. AI won't take over the world.](#) April 2019.

³⁸⁸ Mitchell, M.: [We Shouldn't be Scared by 'Superintelligent A.I.'](#), New York Times, October 31, 2019

³⁸⁹ Knight, W. [The Dark Secret at the Heart of AI](#), MIT Technology Review, April 11, 2017

Deklarovaným zájmem a snahou České republiky, od ministerstva průmyslu a obchodu přes univerzity až po podnikatelský sektor, je umělou inteligenci maximálně podporovat. Proto se podepsala memoranda o spolupráci se špičkovými výzkumnými týmy z ČVUT, Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, Matematicko-fyzikální fakulty UK a Svazem průmyslu a dopravy ČR. To, že si stát význam AI uvědomuje, dokládá i skutečnost, že na podporu výzkumu a vývoje půjde v roce [podle MPO](#) historicky nejvíc peněz. Česká republika vyhlásila v roce 2019 národní téma AI, které zní: Umělá inteligence pro bezpečnou společnost. Vychází z *Národní strategie umělé inteligence*, která je provázaná s *Inovační strategií*. Česká republika je, co se týče kybernetické bezpečnosti, obecně na velmi vysoké úrovni. MPO spolu s agenturou Czech invest zveřejnilo [mapu subjektů](#). Interaktivní webová mapová aplikace znázorňuje subjekty ze soukromého sektoru i akademické sféry a další instituce, které se v České republice zabývají aktivitami souvisejícími s AI. Jedním ze stěžejních center AI je Artificial Intelligence Center (AI Center), kterou na ČVUT založili vědci z Fakulty elektrotechnické v čele s [Michalem Pěchoučkem](#), jedním z předních odborníků na AI. Ten byl také jedním z iniciátorů vzniku ambiciózní iniciativy [prg.ai](#), která v zániku v květnu roku 2019. Jejím cílem je do pěti let udělat z Prahy centrum umělé inteligence. AV ČR, ČVUT a Univerzita Karlova v ní spojily síly s Magistrátem hlavního města Prahy. Kromě vládních institucí ji podporují i významné soukromé společnosti jako Avast, IBM, Seznam.cz či Škoda Auto. Vznikají zde však i velmi slibné startupy, například [Iterait](#), [Neuron Soundware](#), [GoodAI](#), [Resistant AI](#) a [další](#).

Big Data, alternative data, smart data³⁹⁰ – hlavní změna, která umožnila překotný vývoj v tomto desetiletí, byla v tom, že síťové připojení na všudypřítomných elektronických zařízeních umožnilo sbírat data ve velkém, které poté algoritmus AI podrobuje klasifikaci a analýze. Digitalizuje se všechno – dokumenty, zprávy, hudba, fotografie, video, mapy, osobní údaje, sociální sítě, data ze snímačů atd. Objem dat na celém světě narůstá exponenciální rychlostí. V roce 2005 byl objem digitálních dat na celém světě ve výši 130 exabytů (130 trilionů bytů), roku 2012 vzrostl jejich počet na 2,7 zettabytů (2,7 triliard bytů = 2,7 + 21 nul), predikce pro rok 2020 je 44 zettabytů³⁹¹ (například 10 bytů představuje jedno slovo, 2 megabyty je velikost fotky ve vysokém rozlišení, 1 gigabyte má film v televizní kvalitě).



Zdroj: Deloitte, 2019

Nestrukturované objemy dat však samy o sobě nic nevypovídají a nejsou k užítku. Aby bylo možné využívat a analyzovat tak obrovské množství dat v digitálním prostoru, musí se vyvíjet systémy, které pomohou porozumět jejich obsahu.³⁹² Předpokladem je vědět, jak jednotlivá zařízení a systémy

³⁹⁰ Téma dat se překrývá s tématy IoT i AI, samostatný odstavec o big data je dán akcentací způsobů a nástrojů jejich zpracování a jeho využití.

³⁹¹ <https://www.weforum.org/agenda/2019/04/how-much-data-is-generated-each-day-cf4bddf29f/>

³⁹² S. Stephens-Davidowitz například podává barvitý obraz lidského chování a myšlení na základě analýzy dat z vyhledávání na webu, viz Stephens-Davidowitz, S.: *Všichni lžou. Velká data, chytré algoritmy a jak nám internet může říct, kdo opravdu jsme*. Host, Brno 2019.

fungují a jaké senzory a měřicí technologie použít pro přístup k nejužitečnějším datům. Pojem „**big data**“³⁹³ není přesně definovaný, jedná se v podstatě o masivní objem nestrukturovaných dat. Aby něco znamenala, musí být vyhodnocena, v poslední době tak v sobě významově nesou i jejich porozumění a zpracování. Nástroje, které tato data pomáhají klasifikovat, analyzovat a porozumět jim, jsou vyspělé AI technologie, označované jako big data analytics či deep analytics (dnes proto bývá někdy zaměňováno s termínem big data).³⁹⁴ Na trhu je v současné době dostupných mnoho nástrojů pro zpracování velkých objemů dat (pro analýzu dat jmenujme [Hadoop](#), [Manta](#), [SVAT](#), pro vizualizaci [SAS Visual Analytics](#), [Data Driven Documents](#), [Tangle](#) či [Tableau](#)). Podle odborníků připadne více než 60 % úsilí a pozornosti při práci s datovou analytikou na definici potřeb organizace, interpretaci výsledků a zajištění, že se analytické výstupy správně používají. Zhruba 30 % zabere hledání a příprava dat a jen necelých 10 % zbývá na vlastní analytiku (jakkoliv pokročilou).³⁹⁵ Někteří vědci ale varují před bezmeznou důvěrou v data, algoritmy a interpretace datových odborníků. Nyní se proto prosazuje především sektor středně velkých a „**alternativních dat**“ (maximální objem sesbíraných dat z netradičního zdroje, ideálně takového, ke kterému je přístup omezený, a za pomoci algoritmů nebo i bez nich se interpretuje). Alternativní data však nemají žádnou historii, a jejich vypovídající hodnota tak může být otázkou. Podle agentury Bloomberg je tento subsektor dále na [vzestupu](#), výdaje v roce 2020 se odhadují na 900 milionů dolarů.³⁹⁶ Alternativní data používají například investoři jako podklad ke svým rozhodnutím. Lidé si však čím dál více uvědomují, že není nutné operovat s nekonečnými řadami dat. To, co je důležité, je relevantnost dat, jejich vypovídající hodnota. Proto se dnes stále častěji objevuje termín „**smart data**“ (inteligentní data, chytrá data). Jsou to data, která dávají smysl, poskytují hodnotu. Lidé jsou schopni dosáhnout poznatků z důvěryhodných, relevantních, kognitivních, prediktivních dat v jakémkoli měřítku, velkých i malých.³⁹⁷ Je to způsob, jakým jsou různé zdroje dat (včetně big data) spojovány, korelovány, analyzovány.³⁹⁸

³⁹³ Poprvé byl použit v roce 1997 v [dokumentu výzkumníků NASA](#), popisující problém příliš velkého množství dat, které nebyli schopni vizualizovat. Termín „big data“ se stal buzzword a je tak nadužívaný, že ho odborníci doporučují neužívat, viz <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/topics/analytics/big-data-buzzword.html>. Důvodem je také jeho ne zcela jasná definice, která se omezuje na konstatování typu „soubory dat, jejichž velikost je mimo schopnosti zachycovat, spravovat a zpracovávat data běžně používanými softwarovými prostředky v rozumném čase“ (dle: [wikipedie](#)). Velkým problémem je ale nejen jejich obrovské množství, je to hlavně jejich nestrukturovanost.

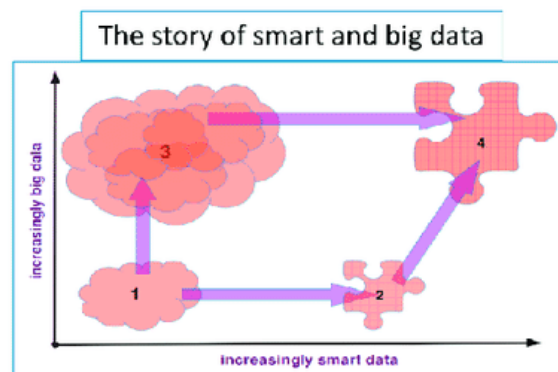
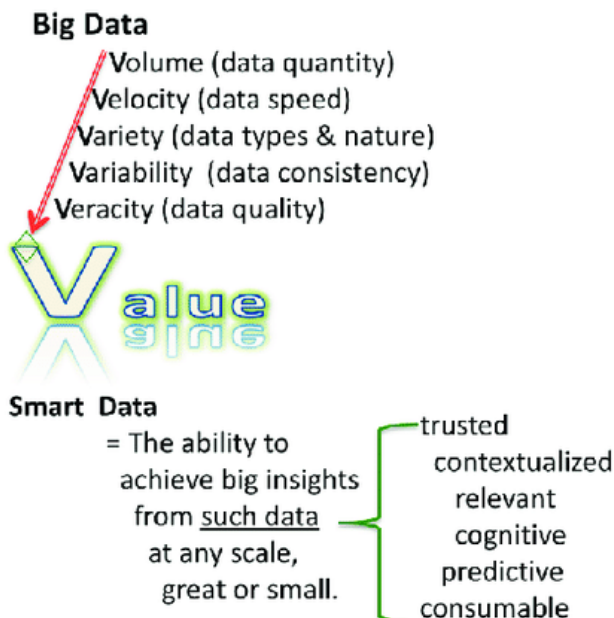
³⁹⁴ Podrobněji o pokročilých nástrojích viz <https://www.systemonline.cz/business-intelligence/analiza-nestrukturovaných-dat-je-klicovou-kompetenci.htm?mobilelayout=false>, odborně viz Najafabadi, M., Villanustre, F., Khoshgoftar, T., Seliya, N., Wald, R., Muharemagic, E.: *Deep learning applications and challenges in big data analytics*. Journal of Big Data. 2. (2015)

³⁹⁵ Dle Vincent, L.: *Big data – buzzword s obřím a nenaplněným potenciálem*, marwick, Magazín KPMG v České republice, 20. 2. 2020.

³⁹⁶ Podrobněji viz <https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-11-09/how-big-investors-cash-in-on-alternative-data-quicktake>.

³⁹⁷ Dle https://content.sciendo.com/view/journals/jdis/2/1/article-p1.xml#j_jdis-2017-0001_ref_013_w2aab2b8c32b1b7b1ab2ac13Aa.

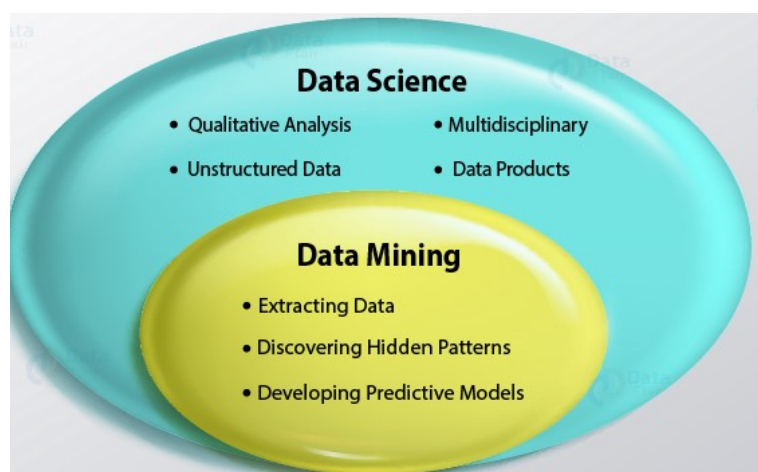
³⁹⁸ Viz například <https://www.convinceandconvert.com/digital-marketing/smart-data/>.



Source: Schöch, 2013

Source: Zeng, 2017. Compiled based on Kobielus, James. (2016, June). *The Evolution of Big Data to Smart Data. Keynote at Smart Data Online 2016.*

Smart data jsou data zpracovaná tak, aby je lidé využili k tomu, k čemu potřebují, datoví odborníci mají k dispozici řadu pokročilých nástrojů a technologií. Data Science (datová věda) je tak jedním z nejlépe placených a nejoblíbenějších oborů, patří do kategorie strojového učení, je to podskupina umělé inteligence. Jedná se o obor, který zahrnuje analýzu velkých dat, data mining, prediktivní modelování, vizualizaci dat, matematiku a statistiku, behaviorální vědu atd. Jedná se o proces sběru dat, jejich analýzu a rozhodování pomocí získaných dat. Data mining (dolování dat) je technika, která se snaží nalezení smysluplných informací v datovém souboru a jejich použití k odhalení budoucích skrytých vzorců. Je to důležitý krok, který často zahrnuje analýzu obrovského množství historických dat, která byla nejasná a neznámá.³⁹⁹ Zatímco datová věda se zaměřuje na vědecké studium a jejím účelem je vytváření prediktivních modelů, analýz a odhalení neznámých skutečností, účelem dolování dat je najít informace nebo fakta dříve neznámá či ignorovaná. Cílem datových vědců ve společnosti je budování datově zaměřených produktů, těžba dat se zaměřuje na to, aby dostupná data byla společnosti co nejvíce užitečná.⁴⁰⁰



Zdroj: <https://becominghuman.ai/8-key-differences-between-data-science-and-data-mining-674f09599df2>

³⁹⁹ Data mining se používá v komerční sféře (například v marketingu při rozhodování, které klienty oslovit dopisem s nabídkou produktu), ve vědeckém výzkumu (například při analýze genetické informace) i v jiných oblastech (například při monitorování aktivit na internetu s cílem odhalit činnost potenciálních škůdců a teroristů).

⁴⁰⁰ Podrobněji viz <https://becominghuman.ai/8-key-differences-between-data-science-and-data-mining-674f09599df2>.

Schopnost rozumět datům se tak neustále zlepšuje. Dnešní nejpokročilejší automatické překladače na základě statistiky porovnávají vzory v digitálním obsahu, díky obrovskému množství dat se tak mohla zlepšit například služba Google Translate (Google vylepšil svůj překladový software pomocí textových dat z oskenovaných knih z knihoven). Využití dat je stěžejní pro všechna odvětví, následující zobrazení se logicky překrývají s využitím zařízení IoT, která svými senzory data sbírají.⁴⁰¹

Retail: personalizace a monitoring zákazníků



Zdroj: Česká spořitelna, 2018

Průmysl: optimalizace výroby a prediktivní servis:



Zdroj: Česká spořitelna, 2018

⁴⁰¹ Dle https://www.csas.cz/content/dam/cz/csas/www_csas.cz/Dokumenty-korporat/Dokumenty/Analytici/Big_Data_v_CR.pdf.

Logistika: sledování dodávek v reálném čase



Zdroj: Česká spořitelna, 2018

Zdravotnictví: telemedicína a umělá inteligence⁴⁰²



Zdroj: Česká spořitelna, 2018

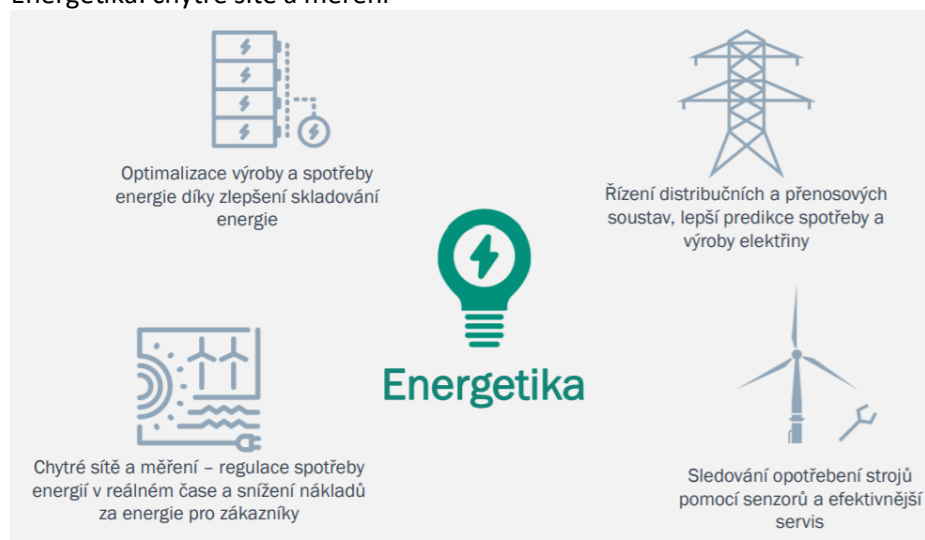
Zemědělství: farmaření na dálku



Zdroj: Česká spořitelna, 2018

⁴⁰² Jak umělá inteligence a technika medicíně v budoucnu pomůže, popisuje například E. Topol, přední americký kardiochirurg, ve své knize *Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again*.

Energetika: chytré sítě a měření



Zdroj: Česká spořitelna, 2018

Zapojení dat umožní lepší a rychlejší rozhodování v mnoha oblastech průmyslu, obchodu i veřejného života. S nárůstem IoT roste také schopnost věcí vytvářet nové typy informací v reálném čase a aktivně se podílet. Zákazníci, zaměstnanci a občané se začnou angažovat hlavně prostřednictvím digitálních prostředků. Jakmile budou operační procesy digitalizovány, budou automatizovány tradiční analogové a manuální procesy, včetně fyzických i lidských prvků. Podle analytiků firmy Gartner bude mnoho (ne-li většina) rozhodnutí na základě automatického úsudku algoritmická. Předpokládá se proto, že v blízké budoucnosti budou využívat **automatizovaná rozhodování** například i vlády. Automatizovaná a inovativní řešení by měla sloužit občanům, stejně jako zákazníkům. Zároveň je však nutné zajistit bezpečnost, aby se dalo datům a algoritmům věřit.⁴⁰³ Čím dál více odborníků tak volá po regulaci automatizovaného rozhodování. Americká matematička C. O’Neil se ve své knize *Weapons of Math Destruction*⁴⁰⁴ snaží upozornit na nebezpečí s ním spojené a ukazuje, jak big data zvyšují nerovnost, rasismus a další sociální patologické jevy a ohrožují demokracii. Algoritmy rozhodují v dnešní době o mnohém, teoreticky by to mělo vést k větší spravedlnosti – každý je posuzován podle stejných pravidel a zkresení je vyloučeno. Autorka však tvrdí, že dnešní matematické modely jsou neprůhledné, neregulované a nezpochybnitelné, i když se mohou mýlit. Nejvíce znepokojující pak je, že posilují diskriminaci – například pokud chudý student v USA nezíská půjčku, protože ho matematický model považuje za příliš riskantního (na základě jeho PSČ), pak je odříznut od druhu vzdělání, které by ho mohlo vytáhnout z chudoby a následuje začarovaná spirála. Modely podporují dobře narozené, trestají znevýhodněné, a vytvářejí tak „toxický koktejl pro demokracii“. Někdy si autoři algoritmů vědomi jejich předpojatosti jsou, jindy ani nejsou.⁴⁰⁵ Nastolená etická a morální dilemata, generovaná algoritmy, obsahujícími předsudky, zaujatost a předpojatost, by se podle autorky měla začít co nejdříve řešit. Vyzývá proto tvůrce algoritmů, aby za ně převzali větší odpovědnost, a tvůrce politik, aby regulovali jejich používání. Navrhuje mimo jiné Hippokratovu přísahu pro datové vědce a nastiňuje, jak regulovat matematické modely.

Je nesporné, že smart data a jejich analytika jsou zásadní pro transformaci podnikání a hrají dnes stěžejní roli při generování zisku a snižování nákladů. Ruku v ruce s tím jde budování digitální etiky –

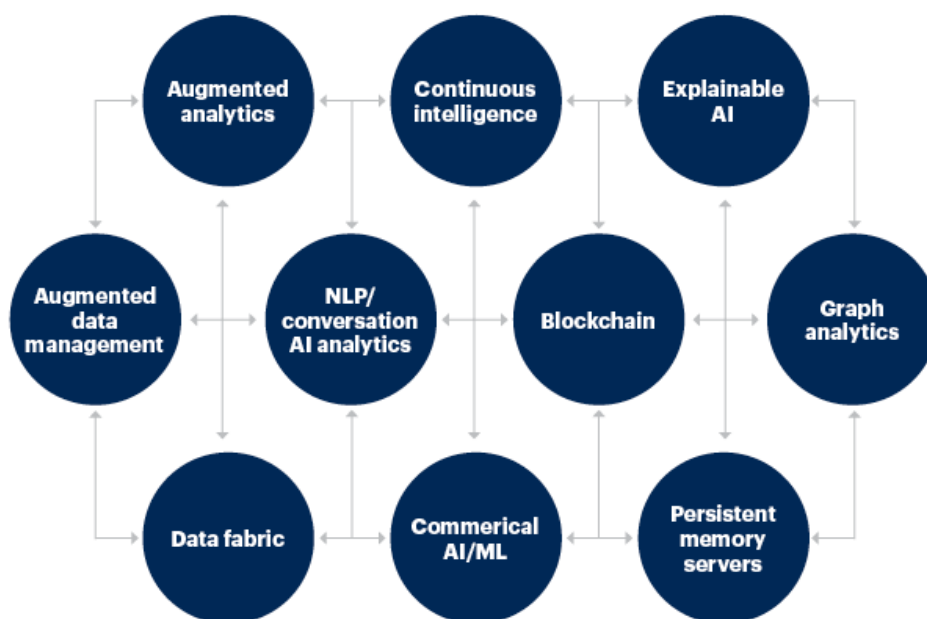
⁴⁰³ Schwab, K.: *The Fourth Industrial Revolution*, Portfolio Penguin, London 2017

⁴⁰⁴ O’Neil, C.: *Weapons of Math Destruction: How Big Data Increases Inequality and Threatens Democracy*,

⁴⁰⁵ Na konci roku 2019 se rozhořel skandál okolo kreditní karty Applu. Její algoritmy přiznávaly dvěma lidem se stejným příjmem a shodnou úvěrovou historií až dvacetkrát rozdílný kreditní rámec. Dělo je pouze pohlaví. Algoritmus byl k mužům mnohem štedřejší. Apple, respektive banka Goldman Sachs, algoritmus opravila, škoda ale byla napáchána. Ani firma této velikosti stahující si špičkové experty se nevyhnula nebezpečí bezmezných důvěr v data a algoritmus. Viz <https://www.wired.com/story/the-apple-card-didnt-see-gender-and-thats-the-problem/>.

důvěry, odpovědnosti, bezpečnosti a respektu k soukromí.⁴⁰⁶ Podle průzkumu webu ZDNet téměř 92 % společností ze žebříčku Fortune 1000 – zahrnujícího společnosti jako Coca-Cola, Johnson & Johnson, Mastercard nebo Ford – předpokládá v letošním roce navýšení výdajů do těchto kategorií (55 % z nich plánuje investovat minimálně 50 milionů dolarů) a potenciální zaostávání na tomto poli považuje za jedno z největších rizik, kterým jejich podnikání aktuálně čelí. Společnosti by měly mít podle společnosti Gartner pokročilou BI (business intelligence)⁴⁰⁷ a strategii čerpající z dat, založenou na špičkových technologiích – AI, strojovém učení, blockchainu, hluboké analytice a internetu věcí, vše sladěné s očekávanými obchodními výsledky. Business intelligence se stává čím dál důležitější také pro malé a střední podniky, a to i pro ty začínající. Business Intelligence z cloudu a analytické nástroje budou poskytovat vylepšené vizualizace dat a řízení podniku, včetně rozhodnutí o expanzi na nové trhy, bude založeno na využití velkých dat. Mnoho firem používalo k predikci budoucího vývoje „historická“ data. Nyní je však možné v oblasti prediktivní analýzy posuzovat data v reálném čase, což pro firmy znamená potenciál pro zvýšení zisku.

Top 10 technologických trendů v datech a analytice podle společnosti Gartner



Zdroj: Gartner, 2019

Díky internetu věcí tak budou moci například obchody efektivněji prodávat zboží zákazníkům. Big data obchodníkům významně pomáhají cílit marketingové kampaně, zpřesnit nabídku produktů a lépe predikovat (například sestavit obsah nákupního košíku za zákazníka, čímž se mu ušetří čas a zároveň se zvýší prodej). Kombinace přesnosti velkých dat a relevantního obsahu vytváří „velký obsah“ (big content). Ten dává obsahovému marketingu⁴⁰⁸ sílu velkých dat k vytvoření přesně

⁴⁰⁶ Podrobněji viz [Gartner Top 10 Data and Analytics Trends](#), 2019.

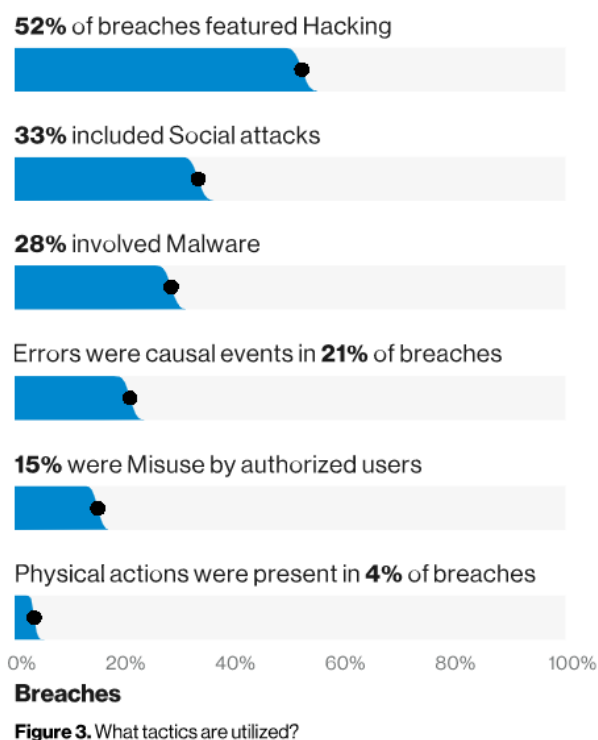
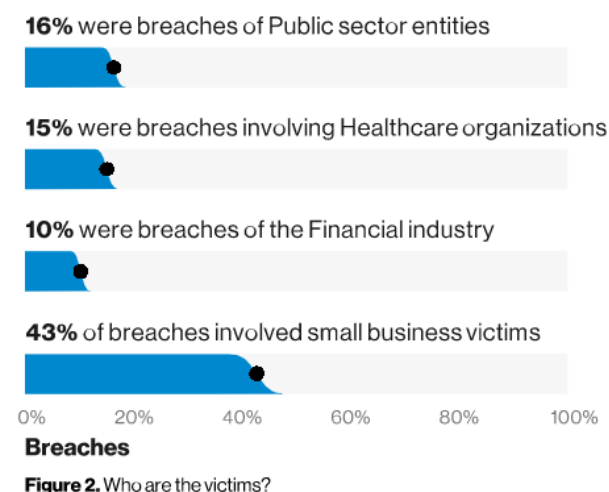
⁴⁰⁷ Business intelligence (BI) jsou dovednosti, znalosti, technologie, aplikace, kvalita, rizika, bezpečnostní otázky a postupy používané v podnikání pro získání lepšího pochopení chování na trhu a obchodních souvislostech. Za tímto účelem provádí sběr, integraci, analýzu, interpretaci a prezentaci obchodních informací. Mohou zahrnovat samotné shromážděné informace nebo explicitní znalosti získané z informací. Business intelligence aplikace poskytují historické, současné a prediktivní zobrazení obchodních operací, nejčastěji s využitím již získaných dat v datovém skladu, datovém tržišti nebo příležitostně přímo z provozních systémů. Běžné funkce BI aplikací zahrnují reporting, podporu analýz, datové kostky (OLAP), přehledové zobrazení (dashboard, balanced scorecard), dolování dat, podnikové řízení výkonnosti (CPM), podporu plánování a prediktivní analýzy. BI aplikace zpracovávají data prodeje, výroby, financí a dalších strukturovaných zdrojů dat pro obchodní účely, především řízení výkonnosti podniku. BI aplikace mohou shromažďovat informace z různých oddělení a provozů společnosti a mohou porovnávat informace ve srovnatelných hodnotách. Dle https://cs.wikipedia.org/wiki/Business_Intelligence.

⁴⁰⁸ Obsahový marketing (content marketing) je forma marketingu zaměřená na tvorbu, publikování a distribuci takového obsahu, který je pro vybrané cílové publikum relevantní a hodnotný. Cílem obsahového marketingu je získat a udržet zákazníky pomocí tvorby relevantního a atraktivního obsahu.

cíleného obsahu, pro digitální marketing tím vzniká možnost oslovit a zapojit publikum jako nikdy předtím. Od personalizace se přechází k **hyper-personalizaci**, která kromě základních dat (jméno, organizace apod.) bere v potaz rovněž údaje o chování zákazníka a real-time data. Intenzivně s ní pracují marketingoví průkopníci jako Amazon (personalizované doporučování zboží), Starbucks (vyvinul vlastní mobilní aplikaci s využitím AI, ve které přihlášený uživatel získává jedinečné nabídky založené na svých osobních preferencích, chutích a předchozích nákupech, výsledkem je 24% podíl objednávek přes tuto aplikaci na všech objednávkách firmy), Spotify (velký úspěch zaznamenala personalizovaná streamingová služba Discover Weekly) nebo Netflix (zasílá zákazníkům personalizovaná doporučení pořadů). Hyper-personalizace se šíří i do ulic, například s automobilkou Renault, která odhalila billboardy schopné zjistit informace o značce, typu a barvě auta na základě SPZ a zobrazit unikátní reklamu právě jen pro jeho řidiče. Očekává se její rozšíření i do kamenných obchodů, kdy se zákazník nebude muset probírat velkým množstvím zboží, ale jen tím, které ho zajímá.⁴⁰⁹

Kybernetická bezpečnost – se silícím trendem ICT technologií pronikajících postupně do všech aspektů lidského života také stejně masivně narůstají hrozby, kterým kybernetický prostor poskytuje platformu. Kybernetická bezpečnost je spíše o tom, jak se vyhýbat hrozbám, než aby je později spravovala. Může se jednat o nebezpečí kyberšikany uživatelů sítí (viz oddíl Společenské faktory), o ztráty dat nebo v globálním měřítku o kyberterorismus.⁴¹⁰ Většina útoků je motivována finančně (71 %), špionáž představuje 25 % motivace kybernetických narušení.⁴¹¹

Cíle a způsoby útoků



Zdroj: Verizon, 2019

Specialisté označují současné útoky a škodlivé kódy šířící se kyberprostorem jako „hrozby 5. generace“. Jejich společným znakem je často kombinace několika druhů útoků a zaměření, kromě

⁴⁰⁹ Dle <https://www.e15.cz/byznys/technologie-a-media/prichazi-hyper-personalizace-bez-dalsiho-sblizovani-se-zakaznikem-obchodnici-neuspeji-1344778>.

⁴¹⁰ Podrobně o druzích kybernetických útoků a jejich postihu viz https://csirt.cesnet.cz/media/cs/documents/kyberneticke_utoky.pdf.

⁴¹¹ Podrobnější data viz <https://enterprise.verizon.com/en-gb/resources/reports/dbir/2019/results-and-analysis/>, <https://www.varonis.com/blog/cybersecurity-statistics/>.

klasických počítačů i na smartphony, routery a další zařízení (61 % firem už zaznamenala bezpečnostní problém s IoT, v roce 2019 bylo měsíčně napadeno přes 5 tisíc zařízení). Sofistikovanější nejsou jen útoky na organizace a instituce, ale i na jednotlivce. Situace je nejkritičtější právě u organizací, z nichž řada není na současné možnosti internetových zločinců připravena. Podle společnosti Varonis, zaměřující se na bezpečnost firemních dat, je řádně chráněno v průměru pouze 5% firemních složek. Sílu umělé inteligence již využívají i hackeři, tato situace bude ještě více tlačit organizace na využití kognitivních systémů pro prevenci před útoky. Jako nejzásadnější hrozby spojené s nástupem sítí 5G, rozšířením zařízení IoT a využitím AI technologií bývají jmenovány DDoS útoky, ransomware⁴¹² a krádeže identity. V podnikovém sektoru jsou v současné době nejvíce rozšířeny právě hrozby typu ransomware. Podle odborníků firmy stále podceňují nebezpečí kybernetických hrozeb a končí na úrovni nutného minima. Ze zařízení bývají antivirem chráněny obvykle pouze notebooky a koncové stanice, existuje však spousta dalších zařízení, které v síti komunikují a které jsou bez jakékoliv kontroly a zabezpečení (servery, kamery, tiskárny, mobilní telefony, tablety nebo například rentgen či magnetická rezonance). Systematický přístup k ochraně podniku zahrnuje důslednou správu identit, zavedení dvoufaktorové autentizace a single sign-on pro minimalizaci různých účtů a hesel, které musí zaměstnanci používat. Dále segmentaci, která zajistí dostatečné členění digitálního prostředí tak, aby kompromitace měla pouze lokální dopad, detekci zranitelností a patchování systémů. Dalším krokem je důsledný monitoring síťového provozu s detekcí anomálií a centrální sběr logů. Obě technologie jsou základem nejen pro detekci, ale také pro zvládání bezpečnostních incidentů a včasnou reakci. Důležité je také dostatečně poučit zaměstnance o bezpečném chování v kyberprostoru. Velkým současným tématem je otázka zabezpečení dat.⁴¹³ Jen za první polovinu roku 2019 uniklo při téměř 4 tisíci narušeních 4,1 miliardy záznamů.⁴¹⁴ Pro firmy jde přitom o zásadní riziko poškození reputace – průzkumy ukazují, že až 85 % zákazníků přestává používat služby, kde považují svá data za ohrožená. Firmy ve snaze o poskytnutí co nejlepších služeb soutěží o tom, kdo nasbírá co nejvíce dat, slovní spojení big data zní jako zaklínadlo obchodního úspěchu. Přitom až tři čtvrtiny firem připouští, že v tuto chvíli získaná data nedokážou dostatečně vytěžít a investice významně promítnout do každodenního i dlouhodobého managementu. Bojí se ale, aby eventuálně nezaostaly za konkurencí. Jak se dnes s daty nakládá, vytváří problémy na straně podniků i jednotlivých osob. Výrazný nárůst využívání cloudových služeb zvyšuje potřebu koordinované, integrované a několikastupňové bezpečnostní strategie.⁴¹⁵ Zpráva [Oracle a KPMG Cloud Threat Report 2019](#) odhaluje, že zranitelnost v cloudu je a nadále bude jednou z největších výzev organizací v oblasti kybernetické bezpečnosti. To, že cloudová technologie je z hlediska bezpečnosti problematická, dokázaly masivní úniky dat, ke kterým v minulosti došlo (například Equifax – hackeři ukradli čísla sociálního zabezpečení téměř polovině obyvatel USA), nekalé nakládání s daty uživatelů (korporace těží z dat svých klientů, kteří z toho nemají žádný zisk) a také nové způsoby, jak lze manipulovat obyvatelstvo během demokratických voleb. Vznikají proto projekty, které chtějí tyto problémy řešit. Jedním z perspektivních je [Oasis lab](#),⁴¹⁶ soustřeďující se

⁴¹² Ransomware (rogueware, scareware) je sofistikovaný program, který omezuje uživatelům přístup k jejich počítačovému systému nebo souborům. Za obnovení přístupu požaduje program zaplacení výkupného. Nejnebezpečnější jsou ransomware WannaCry, Petya, Cerber, CryptoLocker a Locky. PC se může nakazit spuštěním zavírované přílohy emailu, prostřednictvím webového prohlížeče nebo náhodnou návštěvou webu, který je tímto typem malwarem infikován. Může se také šířit přes počítačovou síť. Podle informací FBI získají útočníci pouze na výpalném zaplaceném oběti obvykle v bitcoinech řádově 50 milionů dolarů ročně.

⁴¹³ A. Stamos, bývalý ředitel bezpečnosti firem Yahoo a Facebook založil v roce 2019 [Stanford Internet Observatory](#), která by měla fungovat jako informační středisko o datech a jejich zneužívání.

⁴¹⁴ Dle <https://pages.riskbasedsecurity.com/2019-midyear-data-breach-quickview-report>.

⁴¹⁵ Podrobně o tom hovoří [Oracle and KPMG Cloud Threat Report 2019](#).

⁴¹⁶ V první řadě budou na této platformě smart kontrakty, které budou udržovat soukromí. Smart kontrakty na ETH síti jsou například kompletně veřejné a tudíž se nehodí pro mnoho aplikací reálného světa. Na platformě od Oasis Labs bude možné vytvořit smart kontrakty, které budou kompletně soukromé a to z důvodu, že soukromí je primární cíl celého projektu a je zabudováno do každé vrstvy vyvíjené platformy. Tato platforma se bude také vyznačovat vysokým výkonem, který by měl být schopen unést komplexní aplikace. Podle týmu je potřeba, aby nebyly rychlé pouze transakce, ale aby na platformě bylo možné vytvořit možnosti jako machine learning, který je dnes velmi žádaný. Platforma by měla scalovat díky novátorské architektuře a designu protokolu. Na cloudu od

na vytvoření bezpečného cloudu na decentralizovaném blockchainu, což umožní uživatelům podstatně větší kontrolu nad svými daty a vytvoří bezpečné prostředí, které nebude možné hacknout. Očekává se, že legislativa a regulace v oblasti kybernetické bezpečnosti⁴¹⁷ spolu s incidenty, které budou mít masivní dopad na organizace, zvýší pozornost managementu i výdaje, které věnují kybernetické bezpečnosti. Kybernetické útoky ale necílí pouze na velké firmy a organizace, jak by se mohlo zdát. 43 % útoků bylo v roce 2019 směřováno na malé firmy, za oběť si je vybralo 58 % hackerů.⁴¹⁸ Tyto firmy nejsou nejbohatší, takže si nemohou dovolit vlastní IT oddělení, které dohlíží na bezpečnost. Podle společnosti Gartner dosáhnou v roce 2022 celosvětové výdaje na kybernetickou bezpečnost 133,7 miliard dolarů. Existují už firmy, které na toto riziko dbají a kde vznikají nová dedikovaná pracovní místa v oblasti bezpečnosti, některé také začínají využívat služeb SOC (security operation center).⁴¹⁹ [Zpráva organizace Threat Horizon](#) ukazuje, že v nadcházejících letech budou organizace čelit kybernetickým hrozbám v rámci tří klíčových témat:

- narušení (od přílišného spoléhání ke křehké konektivě) – nadměrná závislost na křehkém síťovém připojení dává předvídat riziku výpadků internetu, ohrožující obchodní operace, počítačová zločinci budou používat ransomware k únosu IoT
- zkresení (ztrácí se důvěra v integritu informací) – šíření dezinformací pomocí robotů a automatizovaných zdrojů bude kompromitovat integritu informací
- zhoršení (nové předpisy a technologie) – rychlý pokrok v oblasti technologií a protichůdné požadavky kladené na národní bezpečnost budou mít nepříznivý dopad na schopnost podniků řídit informace (zákony o dohledu odhalují firemní tajemství, předpisy o ochraně soukromí brání sledování zasvěcených hrozeb, uspíšené nasazování AI vede k neočekávaným výsledkům).

Nejvýznamnějšími původci kybernetických hrozeb v Česku jsou podle Národního úřadu pro kybernetickou a informační bezpečnost (NÚKIB) jiné státy. Jde především o aktéry napojené na Rusko a Čínu, vyplývá ze [zprávy](#) o stavu kybernetické bezpečnosti České republiky za rok 2019. Další významnou hrozbou jsou podle úřadu jednotlivci i organizace zapojené do kriminální činnosti. Jejich hlavní motivací je finanční zisk, čemuž podle úřadu odpovídají používané techniky. NÚKIB loni také pozoroval rostoucí propracovanost phishingových útoků. Většina podvodných e-mailů či SMS, které mají oběť přesvědčit k vyjádření citlivé informace, je sice stále většinou psaná lámanou češtinou, roste ale počet útoků, jejichž pachatelé očividně věnovali množství času a úsilí přípravě na konkrétní cíl. Disponují i vynikající znalostí prostředí, na které cílí. NÚKIB označuje rostoucí množství a sofistikovanost útoků za trend. Častým cílem jsou v České republice finanční instituce a jejich klienti, v posledních letech se však zvedl i podíl útoků proti univerzitám. Hlavní motivací útočníků je přímý finanční zisk, ale výjimkou nejsou ani snahy o krádež duševního vlastnictví. Pro kyberbezpečnost České republiky naopak v současnosti nejsou zásadní hrozbou teroristé. Teroristický útok by měl podle definice ohrožovat chod státu, ústavní zřízení nebo obranyschopnost země.⁴²⁰

Oasis labs by také měla být široká nabídka programovacích možností, které budou umožňovat například soukromý machine learning v rámci smart kontraktů na této síti. Dle <https://trading11.com/18-9-2018-ico-oasis-labs-privatni-cloud-na-blockchainu-financovany-burzou-binance/>, https://www.wired.com/story/dawn-song-oasis-labs-data-privacy-wired25/?itm_campaign=BottomRelatedStories_Sections_2.

⁴¹⁷ Evropská rada se poměrně intenzivně této otázce věnuje, 9. dubna 2019 přijala nařízení „akt o kybernetické bezpečnosti“, kterým se zavádí soustava celounijních systémů certifikace a zřizuje Agentura EU pro kybernetickou bezpečnost. Umožňuje ukládat cílená omezující opatření v zájmu odrazování od kybernetických útoků, které představují vnější hrozbu pro EU nebo její členské státy, a pro účely reakce na takové útoky. Konkrétně pak toto rozhodnutí vůbec poprvé umožňuje EU ukládat sankce vůči osobám nebo subjektům, které jsou odpovědné za kybernetické útoky nebo za pokusy o ně, poskytují pro útoky finanční, technickou nebo materiální podporu, nebo jsou do nich zapojeny jiným způsobem. Viz <https://www.consilium.europa.eu/cs/policies/cybersecurity/>.

⁴¹⁸ <https://enterprise.verizon.com/resources/reports/dbir/>

⁴¹⁹ Dle <https://ictrevue.ihned.cz/c1-66742290-firmy-oblast-bezpecnosti-stale-podcenuji>.

⁴²⁰ Podle novely zákona o Vojenském zpravodajství, kterou bude schvalovat vláda, by měla dostat na starosti obranu České republiky v kybernetickém prostoru Vojenská tajná služba. Vojenské zpravodajství (VZ) by díky novele mělo pravomoc kybernetického protiútku.

Blockchain – jako odpověď na řešení problémů dnešního světa se jeví mnoha expertům cesta decentralizace. Revoluční na blockchainu nejsou technologie samotné, ale způsob, jakým stávající technologie využívá. Je to druh distribuované decentralizované databáze uchováající neustále se rozšiřující řetězec chronologických záznamů (dat), které jsou propojeny pomocí kryptograficky zabezpečených peer-to-peer uzlů (řetězců). Data jsou v blockchainu uložena navždy a jsou každému přístupná. Blockchain umožnil lidem, kteří si vzájemně nedůvěřují, prostřednictvím internetu vyměňovat nebo vytvářet záznamy bezpečnou cestou, bez prostředníka. Na jeho provozu se podílejí místo centrálního správce přímo jeho uživatelé. Každý se může zapojit jak přímo do ověřování transakcí (těžby kryptoměn), tak do hlídání těch, kdo v daném blockchainu transakce ověřuje. Stačí k tomu provozovat „nod“, což je aktuální kopie blockchainové databáze. Transakce prováděné pomocí blockchainu nejsou napadnutelné ani prostřednictvím cenzury, oproti tradičním centrálním databázím netrpí výpadky (z důvodu údržby apod.).⁴²¹ Ve veřejném sektoru může být využit například v katastru nemovitostí (v Estonsku, světovém průkopníku e-governmentu, implementovali blockchain do svého katastru nemovitostí a díky transparentnosti a efektivitě celého systému zkrátili dobu uskutečnění transakce z téměř 3 měsíců na 8 dní), při vybírání daní nebo národní zdravotní dokumentace občanů. V systémech dodavatelského řetězce nachází uplatnění při kontrole původu zboží (zjištění původu potravin)⁴²² či námořní dopravě (lepší ověřitelnost splnění mezinárodních standardů, snížení ztrát způsobených černým trhem nebo redukce papírování a administrativních nákladů by podle Světové obchodní organizace WTO zvýšilo světové HDP o 5 % a objem globálního obchodu o 15 %). V bankovním sektoru by díky lepší infrastruktuře pro zpracování transakcí mohl blockchain snížit náklady minimálně o 20 miliard dolarů ročně. Co se týká jeho využití pro lidi, píše se zejména o kryptoměnách,⁴²³ které mají potenciál změnit systém fungování světové ekonomiky. Finanční transakce by probíhaly zdarma a rychleji, výhodou je ale zejména dostupnost všem, na rozdíl od možnosti založení bankovního konta. Dvě miliardy lidí dnes nemají možnost založit si bankovní účet, ať už nedostupností pobočky banky či příliš nízkým příjmem (mají příjem pod 1 dolar na den). Smartphone a internetové připojení se však šíří takovým tempem, že v krátké době je budou mít téměř všichni, a budou tak mít možnost využít finanční transakce fungující na blockchainu. Dalším využitím jsou decentralizované aplikace ve sdílené ekonomice, velký potenciál mají také v oblasti kyberbezpečnosti (viz výše) a dalších oblastí IT. Gartner předpovídá velkou budoucnost blockchainu i v podnikové sféře. Upozorňuje však, že je založen na pěti klíčových prvcích, který musí skutečný blockchain splňovat: distribuce, šifrování, neměnnost, tokenizace a decentralizace. Vytvořil tzv. Blockchain Spectrum, které se skládá ze čtyř archetypů rozčleněných podle charakteristik a prvků, které obsahují. Každá z těchto fází nabízí příležitosti a zároveň rizika, ale podle analytiků společnosti Gartner by CIO měli na nějaké úrovni začít experimentovat:

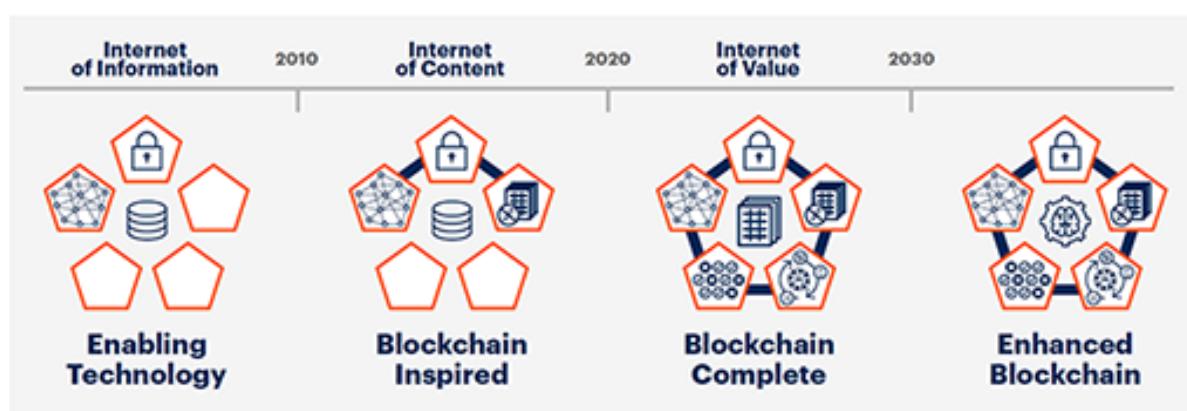
421 Na technologii blockchainu jsou založené i některé kryptoměny (digitální měny), mezi nejznámější patří Bitcoin, Litecoin, Ethereum, který spadá do „next-generation“ kryptoměn a je zároveň virtuální stroj pro běh „smart contracts“ (chytrých kontraktů), NEO, přezdívané jako „čínské Ethereum“ či Cardano (měna „3. generace, stejně jako u 2. generace se nejedná pouze o digitální měnu, ale i platformu). Svoji oficiální digitální měnu už chystá Čína, kterou chcev budoucnu nahradit klasické bankovky. Jako budoucnost bankovníctví je mnohými označován systém Stellar, jehož cílem je vytvoření otevřené platformy určené pro nejrůznější druhy finančních transakcí jak s kryptoměnami, tak i konvenčními měnami a libovolným majetkem vůbec. Společnost Microsoft podala v roce 2018 dokonce žádost o patent, ve kterém popisuje, jak lze pomocí senzorů využít činnost lidského těla v těžebním procesu kryptoměn (například zhlédnutím reklamy). Viz <http://appft.uspto.gov/netacgi/nphParser?Sect1=PTO2&Sect2=HITOFF&p=1&u=%2Ffnetahtml%2FPTO%2Fsearchbool.html&r=2&f=G&l=50&co1=AND&d=PG01&s1=microsoft&s2=abramson.IN.&OS=microsoft+AND+IN/abramson&RS=microsoft+AND+IN/abramson>

⁴²³ Viz česky přehledně <https://www.alza.cz/co-je-blockchain>.

Alibaba sleduje a stopuje potravinářské výrobky po celém světě. Tato řešení budou dominovat podnikovým implementacím počátkem roku 2020. Mají omezený rozsah a spoléhají na udržování stávajících procesů a architektury.

3. Kompletní blockchain – počínaje rokem 2023 se objeví podniková řešení „blockchain-complete“. Využijí všech pět prvků blockchainu a nabídnou cestu ke zcela novým obchodním modelům, které používají dynamické inteligentní smlouvy, tokenizaci a decentralizované provozní struktury. Tato řešení poskytnou plnohodnotnou nabídku blockchainu.

4. Vylepšený blockchain – od roku 2025 bude blockchain zahrnovat doplňkové technologie, jako je IoT, AI a decentralizovaná samosprávná identita (SSI). Tento vývoj umožní lidem vlastnit, ovládat a sdílet jejich digitální a nedigitální identity prostřednictvím decentralizovaného SSI. Jednotlivci se budou moci rozhodnout, jak budou sdíleny jejich identity, což povede k situaci, kdy organizace, lidé nebo věci mohou použít tato data podle potřeby pro interakci. Všechna data budou zabezpečena například v digitální peněženke a budou sledovatelná. Tato řešení povedou ke změnách obchodních modelů, kdy autonomní agenti získají možnost obchodovat a operovat nezávisle na člověku. Mohlo by to například vést k tomu, že si auto sjedná své vlastní pojistné sazby přímo s pojišťovnou na základě údajů shromážděných svými senzory. Vedoucí CIO by měli začít zkoumat a hodnotit současná řešení a diskutovat o možnostech masivních přesunů do zbytku podnikání.⁴²⁴



Zdroj: Gartner, 2019

Současné snahy o vytvoření alternativy stávajících monopolizovaných internetových služeb, která by dala zpět moc uživatelům a malým podnikům jsou známy jako „**Web 3.0**“. Cílem je vybudovat systémy, které vypadají více jako otevřené protokoly než společnosti založené na zisku. Mnoho z těchto nových systémů se spoléhá právě na blockchain. Například startup [Dfinity](#) staví „Internet Computer“, cloudový počítač internetu. Technicky Dfinity není blockchain, ale decentralizovaný síťový protokol, o kterém společnost tvrdí, že byl inspirován blockchainovými společnostmi, jako je Ethereum. Zjednodušeně by se mělo jednat o blockchainový superpočítač, který by měl zajišťovat chod softwaru a služeb, které budou fungovat na internetu. Při spuštění bude mít svou vlastní kryptoměnu, která se nebude používat pouze jako převod hodnoty, ale také jako palivo pro aplikace napájené běžící na platformě. Mezi další významné snahy Web 3.0 patří Blockstack a Polkadot, který si klade za cíl spojit různé systémy blockchainu dohromady. Přes silnou motivaci pro uživatele i vývojáře stále nejasné, zda bude nový web 3.0 založený na blockchainu úspěšný. I po několika letech aplikace na Ethereum většinou zahrnují jednoduché hry a experimentální finanční nástroje a jejich přijetí je omezené. K dalším problémům patří energetická a časová náročnost transakcí. Řešením různých problémů technologie blockchainu obecně se dnes zabývá mnoho expertů, kteří věří v její velký potenciál. Jeho podpora v poslední době stále roste a bývá i označován za technologii budoucnosti. Nicméně ačkoliv jsou zde jasné výhody, zdá se, že zavedení tohoto řešení by bylo opravdu náročné. Tato náročnost přitom není dána ani tak nedokonalou technologií nebo nepřipraveností lidí, ale spíše daným statusem quo, kdy finanční instituce a elity akumulují obrovskou moc.

⁴²⁴ Dle <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/the-4-phases-of-the-gartner-blockchain-spectrum/>.

Biologické – inovace v oblasti biologie jsou zvláště v posledních letech díky výpočetní síle naprosto přelomové. Někteří odborníci dokonce předpovídají, že první polovinu 21. století bude transformovat nová softwarová revoluce – „living software revolution“;⁴²⁵ Ch. J. Preston nazývá dnešní dobu „dobou syntetickou“.⁴²⁶ Vycházíme-li z definice kybernetiky N. Wienera,⁴²⁷ bude nosným pilířem 5. průmyslové revoluce právě symbióza živých organismů a strojů. Výzkum v oblasti biotechnologií a medicíny se už dnes stává extrémně složitým a nepřehledným.⁴²⁸ Biotechnologie⁴²⁹ pomáhají v mnoha oblastech: medicíně, farmacii, ochraně životního prostředí, zemědělství, potravinářství či průmyslové výrobě. Vědci se snaží naprogramovat biologické buňky tak, aby se chovaly, jak potřebují, nebo vyrobit buňky uměle. Pozornost se nyní zaměřuje na průlomové biotechnologie (syntetická biologie, bioinformatika či biologie systémů), dále na biotechnologické průmyslové procesy a výrobky (udržitelné a šetrné k životnímu prostředí) a na inovativní platformové technologie, jako je genomika, metagenomika, proteomika, metabolomika, molekulární nástroje, expresní systémy, fenotypizační platformy a platformy na bázi buněk. Biotechnologický sektor je velmi široký, někdy bývá popisován jako duha, přičemž každý subsektor má svou vlastní barvu.⁴³⁰

„Zlatá biotechnologie“ (bioinformatika, výpočetní biologie) je interdisciplinární obor, který řeší biologické problémy s použitím výpočetní techniky a umožňuje rychlou organizaci i analýzu biologických dat. Bioinformatika dnes hraje klíčovou roli ve většině ostatních oblastí biotechnologie.

„Modrá biotechnologie“ je založena na využívání mořských zdrojů, například rafinérský průmysl vyrábí z řas bionaftu.⁴³¹ Prorokuje se jí intenzivní rozvoj, s tím však zároveň rostou obavy ze znečištění, poškozování ekosystémů, nebezpečí zavlečení invazivních druhů, chorob a možnost genetického oslabení původních divokých druhů mořských živočichů a rostlin.

„Zelená biotechnologie“ je biotechnologie aplikovaná na zemědělské procesy. Příkladem může být výběr a domestikace rostlin přes mikropropagace⁴³² či genové inženýrství, které je v současné době jedním z klíčových vědních oborů.

„Červená biotechnologie“ je biotechnologie využívaná v medicíně a farmaceutickém průmyslu. Tento obor zahrnuje výrobu očkovacích látek a antibiotik, regenerační terapie, výrobu umělých orgánů, nové způsoby diagnostiky onemocnění, vývoj hormonů, kmenové buňky, protilátky, siRNA apod.

„Bílá biotechnologie“, také známá jako průmyslová biotechnologie, je biotechnologie aplikovaná v průmyslových procesech. Používá živé buňky (od kvasinek, plísní, bakterií a rostlin) a enzymy k syntéze produktů, které jsou snadno rozložitelné, vyžadují méně energie a vytvářejí méně odpadu během jejich výroby. Příkladem může být vývoj organismů a využití enzymů jako průmyslových katalyzátorů na výrobu cenných chemikálií či naopak odbourání nebezpečných a znečišťujících

⁴²⁵ https://www.ted.com/talks/sara_jane_dunn_the_next_software_revolution_programming_biological_cells/reading-list#t-74168

⁴²⁶ Preston, Ch. J.: *The Synthetic Age. Outdesigning Evolution, Resurrecting Species, and Reengineering Our World*, The MIT Press Cambridge, Massachusetts 2018

⁴²⁷ „Kybernetika je věda, která se zabývá obecnými principy řízení a přenosu informací ve strojích a živých organismech.“ In: <http://www.kky.zcu.cz/cs/definition-of-cybernetics>.

⁴²⁸ Společnost Benchling proto vyvinula software, který má zjednodušit vědeckou práci a zefektivnit propojení mezi jednotlivými výzkumy. Software se stává záznamovým systémem, který používá více než 170 tisíc vědců z celého světa včetně akademických laboratoří Harvardu, Stanfordu, MIT či Berkeley. Mezi jeho aktivní uživatele patří například Beam Therapeutics, Regeneron Pharmaceuticals, Zoetis, či Zymogen. Společnost Benchling nejprve spustila bezplatnou verzi, která zahrnuje správu elektronických záznamů, posléze poskytla i funkce jako řízení projektů, přehled nad nimi či modelování obchodního růstu.

⁴²⁹ Biotechnologie je jakákoli technologie, která využívá biologické systémy, živé organismy nebo jejich části k určité výrobě nebo jejich přeměně či jinému specifickému použití.

⁴³⁰ Dle <https://en.wikipedia.org/wiki/Biotechnology>.

⁴³¹ K výrobě metylesterů mastných kyselin (FAME) je možné využít jakýkoli materiál bohatý na tuky, v nichž jsou mastné kyseliny vázané. Bionafta se dělí na bionaftu první, druhé a třetí generace. První generace využívá jako surovinu čerstvý rostlinný olej, druhá generace odpadní tuky a oleje a třetí generace řasy. Zatímco Česká republika zůstává zaměřena na produkci řepkového oleje, Evropa se orientuje už ke druhé a třetí generaci, které nejsou ekologicky tak nepříznivé.

⁴³² Mikropropagace rostlin je soubor laboratorních velmi složitých technik in vitro, jejichž cílem je rychlé namnožení či naklonování rostlinného materiálu.

chemikálií. Bílá biotechnologie šetří oproti tradičním průmyslovým procesům přírodní zdroje. Jedním z jejích prvních cílů byla produkce biologicky odbouratelného plastu.⁴³³

„**Žlutá biotechnologie**“ odkazuje na použití biotechnologií při výrobě potravin, například při výrobě vína, sýrů či piva pomocí fermentace. Termínu se také používá pro biotechnologii aplikovanou na hmyz (jak pro kontrolu škodlivého hmyzu, tak pro využití účinných látek nebo genů hmyzu pro výzkum s aplikací například v zemědělství a lékařství).

„**Šedá biotechnologie**“ je určena pro aplikace v oblasti životního prostředí a je zaměřena na zachování biologické rozmanitosti a snížení škodlivin.

„**Hnědá biotechnologie**“ se zabývá nakládáním s vyprahlou zemí a pouštěmi. V kontextu dnešních klimatických podmínek a zvyšujícímu se suchu jí je věnována velká pozornost. Vědci se soustřeďují na vytvoření vylepšených semen, které odolávají extrémním podmínkám suchých oblastí, inovační zemědělské techniky a efektivní řízení zdrojů.

„**Fialová biotechnologie**“ se týká práva, etických a filozofických problémů spojených biotechnologiemi.

„**Tmavá biotechnologie**“ je spojená s bioterorismem a biologickými zbraněmi, které využívají mikroorganismy a toxiny, aby způsobily onemocnění a smrt u lidí, zvířat a rostlin.

Vědci jsou si vědomi obrovských možností, které biotechnologie poskytují.⁴³⁴ Zabývají se však i negativními dopady biotechnologií a analyzují potenciální nebezpečí s nimi spojená.⁴³⁵ Podle nedávné studie FHI (Future of Humanity Institute) pochází převážná většina globálních katastrofických biologických rizik (GCBR) spíše od lidí než z přírodních zdrojů. Ta by navíc ještě mohla vzrůstat, protože budoucí technologie umožní další a ještě významnější manipulace s životním prostředím a živými organismy.⁴³⁶

Technologie genové manipulace⁴³⁷ je mnohými považována za nejdůležitější pokrok naší doby, který vytvoří jak úžasně příležitosti, tak i morálními výzvy. V roce 2000 dokázali vědci sekvenovat (přečíst) lidský genom,⁴³⁸ v následujících letech se objevily zcela nové technologie, nazývané souhrně Next

⁴³³ Koncem 20. století se pozornost soustředila zejména na polyhydroxyalkanoáty (PHA), polyestery bakteriálního původu, které jsou přirozeně syntetizovány širokým spektrem bakterií jako energetická rezerva a zdroj uhlíku. Tyto sloučeniny mají vlastnosti podobné syntetickým termoplastům a elastomerům, ale jsou rychle odbourávány bakteriemi v půdě i vodě. Nejhojnější PHA je 3-hydroxy-butyát (PHB), který bakterie syntetizují z acetylů – CoA. Hlavní překážkou nasazení v praxi byly vysoké náklady.

⁴³⁴ Church, G. M., Regis, E.: *Regenesi: How Synthetic Biology Will Reinvent Nature and Ourselves*, Basic Books, New York 2014

⁴³⁵ Podrobněji viz <https://futureoflife.org/background/benefits-risks-biotechnology>.

⁴³⁶ Millett, P., Snyder-Beattie, A.: *Human Agency and Global Catastrophic Biorisks*, Health Security, Vol 15, Number 4, 2017 Mary Ann Liebert, Inc.

⁴³⁷ Genomika je analýzou celého genomu jednoho organismu. Genomický přístup v bádání pak znamená, že se badatel nezabývá jen jedním nebo několika málo geny najednou, ale analyzuje nějaký biologický problém na celogenomové úrovni. Dají se číst genomy více organismů najednou, nebo dokonce genomy všech organismů vyskytujících se v daném vzorku, například všech mikroorganismů v určité půdě za daných podmínek. Hovoří se dále o tzv. metagenomice – genomice společenstev z prostředí, která analyzuje DNA mikroorganismů izolovaných z prostředí, které se nedají snadno kultivovat, pomocí nové generace sekvenování. Metatranskriptomika je potom analýza aktivity všech genů v prostředí i bez jejich předchozí znalosti - vědci porovnávají aktivity neznámých genů v různých prostředích, a izolují tak nové geny a jejich funkce. Touto cestou se vydal i Craig Venter poté, co byl nucen opustit Celera Genomics. Pomocí filtrů na své jachtě sbíral po oceánech veškeré mikroorganismy, které zachytil. Jejich DNA zasílal do svého institutu, kde je sekvenovali. Například expedice do Sargassového moře odhalila více než 1800 nových organismů a popsala více než 1,2 miliónu nových genů. Též detekovali, že v tomto mikrobiálním světě dochází k intenzivnímu horizontálnímu přenosu genů. Dle <https://www.prf.jcu.cz/zmb/menu/sekvenovani-genomika.html>.

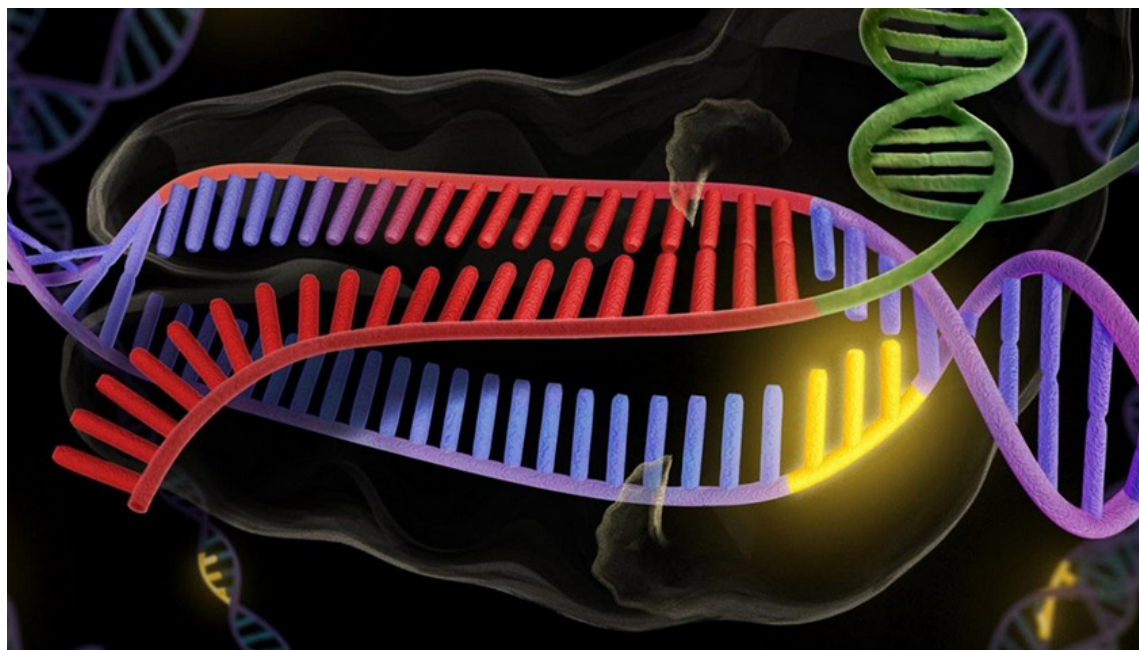
⁴³⁸ DNA (deoxyribonukleová kyselina) bylo identifikováno poprvé v roce 1869. DNA, nosič genetické informace, je tvořena nepravidelnou posloupností bází, sekvence bází určuje podle genetického kódu posloupnost aminokyselin v bílkovinách. Molekuly DNA jsou dvou-řetězcové spirály. Lidskou DNA tvoří 3,2 miliardy „písmen“ genetického kódu, celková délka řetězců molekul DNA v jádru jedné jediné buňky dosahuje dvou metrů. Souhrnem genetických informací zapsaných v DNA je lidský genom. Genom zahrnuje veškeré geny studovaného organismu – kompletní genetickou informaci. Roku 1990 vznikl Human Genome Project, jehož cílem bylo vytvořit

Generation Sequencing (zkráceně též NextGen), které posunuly sekvenování do nové dimenze (na osekvenování celého lidského genomu potřebovaly desítky laboratoří po celém světě více než 11 let, Celera Genomics se stovkami přístrojů a plně automatizovaným provozem potřebovala 2 roky, dnes je to samé možné udělat na jediném přístroji, který se vejde na obyčejný stůl, při obsluze jedním člověkem ani ne za 3 týdny). S vývojem těchto metod se dramaticky snížila cena sekvenování⁴³⁹ a dnes se již dostává na hranici [100 dolarů za lidský genom](#). To samozřejmě implikuje rozšíření do běžného života a praktického využití. Sekvenování DNA má množství aplikací ve vědě, medicíně i v zemědělství. Sekvenují se celé genomy, případně jenom některé části, které mají pro daný obor význam. V lékařství slibuje sekvenování DNA například revoluci v diagnostice chorob a časnému zjištění náchylnosti jedince k určitým nemocem (rakovina, kardiovaskulární onemocnění). Usnadňuje se také výroba léků – vědci mohou zacílit lék proti konkrétnímu produktu konkrétního genu. Podle genotypu jedince může být vybírán správný léčebný postup. Pokud bude zjištěna jistá genetická porucha, nabízí se možnost genové terapie. Ve fylogenetice představuje DNA sekvenování možnost studovat fylogenezi (evoluční vývoj) organismů. Antropologie pomocí srovnávání DNA k zjišťuje vývoj člověka či migraci lidských ras (zejména podle mitochondriální DNA a Y-chromozomální DNA). Ve forenzních vědách může osekvenovaná DNA doložit vinu či nevinu, dá se pomocí ní určit otcovství a podobně. V zemědělství představují DNA technologie celou řadu nových možností včetně geneticky modifikovaných plodin (viz dále). Roku 2012 vyšel popis nového revolučního nástroje na úpravu DNA, nazvaného CRISPR/Cas9. Výzkumná skupina [J. Doudnové](#) a E. Charpentierové z University of California, Berkeley v časopise [Science](#) ukázala, jak s jeho pomocí dokáže velmi přesně „stříhat“ DNA na přání. [CRISPR](#) umí najít určité místo v DNA a s pomocí enzymu Cas9 ho vyříznout, nahradit nebo upravit.⁴⁴⁰

genetickou mapu lidského genomu. Hrubý náčrt genomu byl zveřejněn v roce 2000 díky vysoce výkonným počítačům a ostré konkurenci mezi veřejně financovaným týmem mezinárodních vědců a soukromou americkou firmou, která používala k rozluštění sekvencí DNA odlišnou metodu. Společnost Celera Genomics, Inc. (v jejímž čele stojí vědec a podnikatel Craig Venter, přezdívaný Bill Gates biotechnologie, který tuto epizodu svého života popsal v autobiografické knize *A Life Decoded* (česky *Rozluštěný život*) nakonec vydala studii o sekvenci lidského genomu roku 2001. O dva roky později svůj projekt úspěšně dokončil také Human Genome Project. Lidský genom si lze prohlédnout na https://www.ensembl.org/Homo_sapiens/Info/Index.

⁴³⁹ <https://www.clinicalomics.com/news-and-features/top-10-sequencing-companies-2/>

⁴⁴⁰ Jde o postup odkoukaný od obranného mechanismu bakterií. Ty si v DNA uchovávají drobné úseky z DNA svých „nepřátel“ (především tzv. bakteriofágů, tedy virů, které napadají bakterie), které se označují jako CRISPR. Vyskytují se na více místech dědičné informace bakterie a mohou obsahovat až stovku „nasekaných“ porcí fágů. Pokud do bakterie pronikne virus, jehož dědičná informace obsahuje úseky shodné s „porcemi“ přemoženého viru uloženými v „archivu“ CRISPR, pak začne bakterie podle archivovaných úseků vyrábět dlouhou molekulu ribonukleové kyseliny (RNA). Buňka vzápětí rozdělí dlouhou RNA na spoustu krátkých molekul tvořených zhruba 60 písmeny genetického kódu. Tyto krátké RNA se spojí s enzymem Cas, který funguje jako molekulární nůžky na DNA a je určen právě pro tyto účely. Krátká molekula RNA funguje jako vynikající „vyhledávač“, který dovede „nůžky“ proteinu Cas na vybrané místo v dědičné informaci viru. Nůžky pak stříhem vytvoří v dědičné informaci viru díru a zasadí mu tak smrtelný úder. O významu „imunitního systému“ CRISPR svědčí skutečnost, že byl odhalen v arzenálu významné části mikrobiálního světa. Dle: https://www.idnes.cz/technet/veda/geneticky-upravena-zvirata-prasata-gmo.A180704_165526_veda_mla



Enzym CRISPR (zeleně a červeně) se připojuje k dvojité šroubovici DNA (fialová a červená), aby vystříhl její kus. | foto: Jennifer Doudna/UC Berkeley

Zdroj: idnes, 2019

Tato metoda znamenala přelom v genetickém výzkumu a stala se centrem pozornosti vědců po celém světě, kteří nalézají jeho další možnosti. Vědci stále pracují na tom, aby bylo CRISPR možné naplno využít v praxi. Největší překážka je v tom, jak terapii dostat na místo určení, jednou z možností jsou nanočástice, které jsou naprogramovány na to, aby vyhledaly jen konkrétní typ buňky. Vědci k tomu vyvinuli nástroje, „editory bází“, které umožňují v rámci DNA detailní manipulaci – měnit atomovou strukturu bází („písmen“ – DNA má celkem 4). Zatímco dříve uměli pracovat jen se „slovy“ v DNA, nyní se mohou zaměřit na jednotlivá „písmena“.⁴⁴¹ V roce 2019 vědci našli způsob, jak vložit genetickou informaci, aniž by museli „stříhat“ tu původní.⁴⁴² Mohou ji provádět pod kontrolou, říci, kde editovat, co editovat a jak. Několik výzkumných týmů⁴⁴³ dokázalo dále zpřesnit možnost genetické úpravy cestou modifikace RNA.⁴⁴⁴ Nová technologie CARVER, založená na metodě CRISPR/Cas9, by se mohla stát klinickým nástrojem k diagnostice a následné léčbě virových infekcí.⁴⁴⁵ Vědci v ní využili teprve nedávno popsany enzym Cas16 – ten místo DNA míří právě na RNA. Znamená, že by mohl pomoci v boji proti virům, které DNA nemají. Metodu zveřejnili na [webové stránce](#). Mohla by pomoci při léčbě virových onemocnění – rozezná části viru, na které by mohly mířit účinné léky, nebo může pomoci při správné diagnostice. Metoda CRISPR má velký potenciál zejména

⁴⁴¹ Gaudelli, N. M., Komor, A. C., Rees, H. A., Packer, M. S., Badran A. H., Bryson D. I., Liu, D. R.: [Programmable base editing of T•A to C•G in genomic DNA without DNA cleavage](#), Nature 551, 464–471 (2017).

⁴⁴² Metoda CRISPR/Cas9 přerušuje původní DNA a opravu dělá buňka. Vědci se musí spolehnout, že to udělá přesně, někdy to ale nevyjde.

⁴⁴³ Klompe, S.E., Vo, P.L.H., Halpin-Healy, T.S., Sternberg, S. H.: [Transposon-encoded CRISPR–Cas systems direct RNA-guided DNA integration](#). Nature 571, 219–225 (2019), obdobně i Strecker J., Ladha A., Gardner Z., Schmid-Burgk, J.-L., Makarova, K. S., Koonin E. V., Zhang F.: [RNA-guided DNA insertion with CRISPR-associated transposases](#), Science 365, Issue 6448, pp. 48-53 (2019), také Anzalone, A.V., Randolph, P.B., Davis, J.R. et al.: [Search-and-replace genome editing without double-strand breaks or donor DNA](#), Nature (2019). Cox, D. B. T., Gootenberg, J. S., Abudayyeh O. O., Franklin B., Kellner, M. J., Joung, J., Zhang, F.: [RNA editing with CRISPR-Cas13](#), Science 358, Issue 6366, pp. 1019-1027 (2017).

⁴⁴⁴ RNA je molekula podobná DNA, která ale na rozdíl od ní netvoří charakteristickou dvojšroubovici, nýbrž jednoduché vlákno. Je kopií jednoho z vláken DNA a je organismy využívána především pro syntézu proteinů. U virů například právě těch, které zavíní rozpad napadené buňky. Znamená tak pro ně naprosto esenciální molekulu, podmiňující od základu jejich existenci a schopnost napadnout další buňky. Dle <https://www.czechsight.cz/car-ver-stroj-likvidujici-viry/>.

⁴⁴⁵ Wessels, H., Méndez-Mancilla, A., Guo, X. et al.: [Massively parallel Cas13 screens reveal principles for guide RNA design](#), Nature Biotechnology (2020).

v medicíně a zemědělství, možnost editace genů ale generuje významné etické otázky. Pokud se jedná o léčbu nemocí, diskutabilní se nejeví, cesta však může vést i k editačnímu vylepšování genomu embryí, kdy si jedinec ponese změnu do života a následně do dalších generací. V roce 2018 čínský vědec Che Tien-kchuej upravil geny lidských embryí tak, aby děti získaly mutaci, která by je ochránila před nákazou virem HIV.⁴⁴⁶ Ze současných výzkumů vyplývá, že jim tím zřejmě uměle zvýšil i inteligenci, před čímž vědci vždy výrazně varovali.⁴⁴⁷ Vědecká komunita tento pokus rázně odsoudila z vědeckého i etického hlediska. Mnoho států takovéto pokusy zakázalo. Své varování přidala i WHO, která prohlásila, že genetické modifikování lidského embrya by mohlo mít „nezamýšlené následky“.⁴⁴⁸ Z přenosu genetických mutací na další generace a dalších možných vedlejších účinků panují velké obavy. V rámci výzkumu provedlo už více vědců genetickou editaci lidských embryí, nechali je ale vyvíjet jen krátce v laboratorních podmínkách a pak je zlikvidovali. S genetickým přepisem se provádí též výzkumy u buněk dospělých. Kolem objevu metody CRISPR ale panují i další problémy. Po uveřejnění této metody se rozhořel dlouholetý patentový spor mezi dvěma výzkumnými institucemi, které si na ní dělají nárok – Broad Institute (společné pracoviště MIT a Harvardovy univerzity) a University of California, Berkeley.⁴⁴⁹ Obě si jsou vědomé jejího významu a s tím spojených z ní plynoucích finančních prostředků. Léky založené na metodě CRISPR/Cas9 byly už využity na léčbu lidí v testovacím režimu.⁴⁵⁰ Terapie zatím není oficiálně schválena,⁴⁵¹ tři největší technologické start-upy založené na využití CRISPR již dnes ale mají odhadovanou celkovou tržní hodnotu přes 5 miliard dolarů. Do rozvoje produktů založených na této technologii mohutně investovaly i velké firmy (například Bayer). Očekává se, že pomůže výrazně snížit četnost infarktů, při

⁴⁴⁶ Takto se narodily tři děti. Vědec byl čínskými úřady odsouzený ke třem letům vězení a pokutě 430 tisíc amerických dolarů. Společně s ním byli odsouzeni i dva jeho spolupracovníci Zhang Renli (2 roky) a Qin Jinzhou (18 měsíců). Dle <https://www.czechsight.cz/cinsky-vedec-byl-odsouzen-za-nelegalni-genetickou-modifikaci-lidskych-embryi/>. Otázkou je, zda o jeho aktivitě opravdu nadřizení a úřady nevěděli předem, jak oficiálně uvádějí, a zda je tento případ skutečně ojedinělý. Čína je považována ze zemí, která se k etickým otázkám staví přinejmenším diskutabilně. Čínští biologové například v roce 2018 přidali do genomu makaka „gen inteligence“ (MCPH1, neboli microcephalin), což západní vědci okamžitě odsoudili, viz <https://ct24.ceskatelevize.cz/veda/2785271-cinsti-vedci-vlozili-makakum-lidsky-gen-inteligence-vedecka-obec-resi-jestli-je-eticke>.

⁴⁴⁷ <https://www.technologyreview.com/2019/02/21/137309/the-crispr-twins-had-their-brains-altered/>

⁴⁴⁸ Viz <https://uk.reuters.com/article/us-china-health-who/who-says-to-set-standards-on-gene-editing-which-uncharted-water-idUKKBN1O227Q>.

⁴⁴⁹ Skupina Doudnové, Charpentierové a spol. byla sice první, kdo postup předvedl, ale v jednom ohledu je konkurence předešla. Svůj systém předvedli na „nahém“ úseku DNA, ne v živé buňce, jak to vyžaduje například medicínské použití. První, kdo ukázal využití tohoto systému na DNA přímo v jádru buňky, byl na přelomu let 2012 a 2013 tým z Broadova institutu. Obě skupiny si před vydáním nezávisle podaly několik žádostí o patent a nedokázaly dohodnout. Situace je nyní velmi nepřehledná. Případní zájemci o využití CRISPR v USA se budou muset zřejmě ve většině případů dohodnout na licenci s oběma znesvářenými stranami. Evropský patentový úřad ale situaci vyhodnotil jinak. V roce 2017 rozhodl, že v EU bude držitelem platného patentu kalifornská skupina. Celosvětově bylo podáno již několik tisíc žádostí o patenty kolem CRISPR nebo jejího případného využití. Jen Evropský patentový úřad v současné době registruje více než 300 patentů s klíčovým slovem CRISPR. Dle https://www.idnes.cz/technet/veda/patent-valka-dna-nuzky.A190304_161436_veda_mla.

⁴⁵⁰ Švýcarská společnost CRISPR Therapeutics s americkou biotechnologickou firmou Vertex Pharmaceuticals společně testovaly léčbu dvou pacientů s poškozeným genem pro krevní barvivo hemoglobin. Jeden pacient se v Německu léčil z beta-talasémie. Druhá pacientka se podrobila v americkém Nashvillu léčbě srpkové anémie. Obě společnosti v prosinci 2019 oznámily, že léčba byla úspěšná, není však jisté, jak dlouho zlepšení vydrží. Výsledky však byly natolik dobré, že léčbu nyní podstoupí dalších 90 pacientů. CRISPR není příslibem jen pro léčbu dědičných chorob, ale velké naděje se vkládají i do jejich boje proti zhoubným nádorům. Pacientům s rakovinou vzdorující stávajícím léčebným metodám lékaři odeberou buňky imunitního systému, které pak v laboratoři upraví pomocí CRISPR tak, aby směřovaly své útoky přednostně proti nádorovým buňkám. První klinické testy na pacientech se sarkomem, zhoubným melanomem a mnohočetným myelomem potvrdily, že geneticky upravené bílé krvinky opravdu napadají nádor a neškodí zdravým buňkám těla. Nakolik se podařilo nemoc zlikvidovat, však zatím nelze říct. Ve světě probíhá více klinických zkoušek léčby rakoviny pomocí CRISPR, z nichž se většina odehrává v Číně a o jejich průběhu či výsledcích chybějí bližší informace.

⁴⁵¹ Pouze Americký Úřad pro kontrolu potravin a léčiv schválil v květnu genovou terapii pro děti se spinální svalovou atrofií, což je oslabující a často i smrtící vrozené onemocnění způsobené mutací, která deaktivuje gen SMN1. Děti s touto genetickou vadou často umírají, neboť jim selžou svaly, ovládající dýchání. Dle: <https://www.denik.cz/zdravi/novy-zpusob-lecby-crispr-zacina-s-klinickymi-studii-na-lidech-20200821.html>.

léčbě nádorových onemocnění, onemocnění krve, dědičné slepoty, Duchennovy svalové dystrofie, cystické fibrózy a celé řady dalších vrozených chorob. Mohla by také umožnit vypínat/vystříhovat retroviry, což může mít význam při transplantacích zvířecích orgánů lidem.⁴⁵² Metoda by také mohla pomoci při boji s infekčními tropickými nemocemi. Vědci například upravili komára *Aedes aegypti* tak, aby samice ve svých tělech uměle produkovaly protilátku, přenesenou z lidského genu, a virus tak v těle komára zastavili.⁴⁵³ Využití CRISPR se ale teoreticky nemusí omezovat pouze na opravování chyb v genetickém kódu a léčbu nemocí. S. H. Sternberg⁴⁵⁴ zmiňuje například možnost vylepšit krev tím, že se zvýší nosnost hemoglobinu. Dramaticky by se tak posílily fyzické schopnosti člověka.

Očekává se, že genové inženýrství bude hrát velkou roli i v zemědělství. Původně se přesuny genů uskutečňovaly přirozeně v rámci evoluce, často náhodou. V 90 letech 20. století se s rozvojem molekulární biologie a genetiky dostaly do laboratoří, kde vznikaly geneticky modifikované organismy (GMO). GMO je metoda přenosu genů z jednoho organismu do druhého, tzv. transgeneze či transgenóze, čímž vzniká organismus, jehož genetický materiál byl změněn způsobem, kterého nelze nedosáhnout přirozenou cestou. Někdy se přenáší gen například z bakterie do rostliny, tedy mezi organismy různých druhů, které se mezi sebou běžně nekříží. Tato metoda vyvolala odpor ochránců životního prostředí a nemá ani dnes ve veřejnosti podporu (a v zemích EU podléhá přísné regulaci).⁴⁵⁵ Vědci se stále silněji geneticky upravovaných organismů zastávají. Moderní genetické metody slibují velké přínosy, mohou významně přispět k zajištění adekvátní výživy vzhledem ke stále vzrůstajícímu počtu obyvatel a horšících se environmentálních podmínkách. Vědci už vyzkoušeli metodu CRISPR také v zemědělství, kde může genové inženýrství výrazně pomoci s onemocněním rostlin a živočichů. Tým ze skotského Ústavu v Roslinu při univerzitě v Edinburgu zveřejnil [výsledky svého projektu](#) na vytvoření prasat odolných proti nejdražší prasečí nemoci, tzv. reprodukčním a respiračním syndromu prasat (PRRS). Podle analýzy z roku 2012 stojí ročně americké chovatele přes 600 milionů dolarů ročně. Právě v USA, kde se nyní testuje, je pro vědce jednodušší situace. Americká agentura FDA (Úřad pro kontrolu potravin a léčiv, Food and Drug Administration) už jednou, v případě touto metodou upraveného žampionu, rozhodla, že úprava genů metodou CRISPR je něco jiného než GMO (geneticky modifikované organismy). Ani zmíněný žampion, který díky úpravě nehnědne, ani prase imunní vůči PRRS neobsahuje DNA z žádného jiného organismu, a tak podle rozhodnutí FDA nemusí být regulovány stejně jako GMO. V Evropě je situace problematičtější. Evropský soudní dvůr (EJC) v červenci roku 2018 rozhodl, že rostliny vyšlechtěné pomocí CRISPR/Cas9 a jiných nových nástrojů editace genomu budou v EU podléhat stejně přísné regulaci jako „tradiční“ transgenní GM plodiny. Evropští vědci rok po rozhodnutí EJC vydali otevřené prohlášení, jímž vyzývají Evropskou komisi a Evropský parlament k urychlenému řešení situace a apelují na nutnost reagovat na klimatické změny a nové technologické možnosti.⁴⁵⁶ Inovativní zemědělský výzkum se podle vědců přesune mimo Evropu, která bude zpoždění těžko dohánět a stane se závislou na dovozu potravin a krmiva. Proti využívání genetických úprav v zemědělství vystupují ochránci přírody a [ekologické organizace](#), které minimálně nabádají k opatrnosti, častěji však proti němu radikálně vystupují. Uvádějí, že co se týče přímé konzumace geneticky modifikovaných potravin, některá rizika jsou považována pouze za možná (přenos odolnosti vůči antibiotikům z modifikovaných organismů na bakterie, které se vyskytují ve střevech), jiná se ale už skutečně projevila (například u rostlin modifikovaných tak, aby

⁴⁵² Vědci upravují prasata tak, aby v nich mohli vypěstovat orgán, který by lidské tělo neodmítlo (tzv. [xenotransplantace](#)). V laboratořích se dnes už [vědci](#) snaží vypěstovat v praseti jako v živém bioreaktoru orgán z "rekvalifikovaných" buněk nemocného, a transplantovat poté ryze lidské orgány narostlé z buněk pacienta. Tím by se vyřešily mnohé problémy současných transplantací orgánů, kdy jsou pacienti dlouhodobě nuceni užívat léky tlumící jejich imunitní systém. Za takto navozenou toleranci k cizímu orgánu mohou zaplatit zvýšenou náchylností k infekcím nebo nádorovým onemocněním.

⁴⁵³ Buchman A, Gamez S, Li M, Antoshechkin I, Li HH, et al. (2020) Correction: [Broad dengue neutralization in mosquitoes expressing an engineered antibody](#). PLOS Pathogens 16(4)

⁴⁵⁴ S. H. Sternberg je genetický inženýr, výzkumník a spoluautor bestselleru *A Crack in Creation*, popisující objev a princip technologie CRISPR (spolu s J. Doudnovou).

⁴⁵⁵ Situace v České republice, informace a legislativa viz https://www.mzp.cz/cz/geneticky_modifikovane_organismy.

⁴⁵⁶ Podrobněji viz <https://www.universitas.cz/aktuality/3604-vyradte-metodu-crispr-ze-seznamu-gmo-zadaji-eu-vedci> či <http://www.avcr.cz/opencms/export/sites/avcr.cz/cs/veda-a-vyzkum/avex/files/04-2019-GMO.pdf>.

snášely vysoké dávky pesticidů, se našla rezidua těchto látek, například glyfosátu, jehož konzumace vyvolává zvýšené riziko non-Hodgkinova lymfomu – zhoubného onemocnění lymfatických žláz). Často zmiňované ale zatím nepotvrzené je riziko zvýšeného výskytu alergií.⁴⁵⁷ Výrazně negativní dopad má pěstování geneticky modifikovaných potravin podle nich na přírodu a biodiverzitu. Poukazují na možnost kontaminace nemodifikovaných plodin genetickou modifikací, které nejsou pěstitelé schopni účinně zabránit. Dalšími negativy jsou komercializace osiv, prosazování jednoho určitého druhu osiva na úkor jiných odrůd často v daném místě původních, stírání rozdílu mezi potravinářským a chemickým průmyslem a masivní používání totálních herbicidů (hlavně glyfosátu) na GM plodiny, které mají vůči těmto látkám rezistenci. Vědci ale argumentují, že genetické inženýrství a ekologické zemědělství jsou [kompatibilní](#).⁴⁵⁸ Téma je však natolik kontroverzní, že ani vědci na toto téma nesdílejí stejný názor.⁴⁵⁹ Příklady využití genových modifikací u zemědělských plodin zahrnují rezistenci vůči škůdcům, nemocem, odolnost vůči chemickému ošetření (například herbicidům), zvýšení trvanlivosti nebo zlepšení nutričních hodnot plodiny. Vědci se pomocí genetických úprav také snaží zlepšit odolnost rostlin vůči nepříznivým podmínkám a jejich výnosnost v těchto podmínkách. [Nedostatečná dostupnost vody](#) je rostoucí překážkou pro dosažení 70% zvýšení produkce potravin, které bude zapotřebí do roku 2050. Jedním z řešení je vývoj plodin, které vyžadují méně vody na jednotku hmotnosti produkce. Významnou roli mohou sehrát [rostliny s výkonnější fotosyntézou](#). Koncepce rozvíjená americkými vědci S. Longem a K. Niyogim je jen jednou z mnoha cest k realizaci „nové revoluce v zemědělství.“⁴⁶⁰ Pro průlomový objev využili přirozené rezervy ve fotosyntéze, kterou představuje „nefotochemické zhášení“ (NPQ, non photo chemical quenching). Jeho prostřednictvím se rostlina chrání před škodlivými účinky nadbytku slunečního záření. Za jasného dne nevyužívají rostliny všechny světelné fotony k proměně oxidu uhličitého a vody na cukry, protože by mohlo dojít k poškození chloroplastů a listů. Části fotonů se rostliny bez užítu zbavují v podobě tepla. Pokud sluneční svit ochabne, rostlina tento ochranný štít vypne a se světlem pak nakládá hospodárněji. Ochrana před nadměrným slunečním zářením nastupuje u rostlin během několika minut. Její vypínání při úbytku světla je zdlouhavější, trvá minimálně půl hodiny a někdy i celé hodiny poté, co intenzita světla poklesne. Ve středních zeměpisných šířkách přichází rostlina touto prodlevou až o 30 % cukrů vyráběných fotosyntézou. Long, Niyogi a jejich spolupracovníci se úspěšně pokusili vypínání ochranného režimu urychlit. Upravili rostlinu tak, aby se ochrana „vypínala“ rychleji (pokusným tabákům přidala tři kopie genů z huseníčku rolního). Vědci předpokládali, že tento postup bude možné využít univerzálně.⁴⁶¹ Nový výzkum však ukázal, že tato prospěšná reakce není vlastní všem rostlinám, takže úprava plodin pro zhoršující se klimatické poměry nebude tak snadná.⁴⁶² Dalším z perspektivních příkladů, jak mohou vědci vytvořit plodiny schopné přežít i v extrémním

⁴⁵⁷ Dle: <https://www.nazeleno.cz/bio/zdrava-vyziva/geneticky-modifikovane-potraviny-jaka-jsou-rizika.aspx>.

⁴⁵⁸ Například studie z roku 2020 prokázala, že genetické inženýrství nabízí příležitost pěstovat plodiny v nových systémech integrované ochrany před škůdci (IPM), přínosem je snížení používání chemických látek na ochranu plodin a nepřímým důsledkem to, že role predátorů může být důležitější než v současnosti při konvenčních systémech založených na pesticidech. In: Lotz, L., van de Wiel, C., Smulders, M.: [Genetic engineering at the heart of agroecology](#), Outlook in Agriculture 49, 1 (2020).

⁴⁵⁹ Viz <https://ct24.ceskatelevize.cz/veda/2778443-geneticky-upravene-potraviny-maji-sva-uskali-lidstvo-se-bez-nich-ale-brzo-nenasyti>.

⁴⁶⁰ Na začátku té první stál americký agronom Norman Borlaug, který po 2. světové válce vyšlechtil v Mexiku pšenici s krátkým pevným stéblem, na jehož tvorbu rostlina spotřebovala méně energie a které uneslo větší klasy. Navíc obrnil pšenici šlechtěním proti rzím. Výnosy vystřelily vzhůru (v některých částech světa na více než dvojnásobek) a Borlaug za přínos pro boj se světovým hladem získal v roce 1970 Nobelovu cenu míru. Zelená revoluce od základů změnila světové zemědělství a většinu světa s výjimkou v té době politicky velmi nestabilních oblastí (subsaharská Afrika) v podstatě zbavila hladomoru. Dle https://www.technickydenik.cz/rubriky/archiv/o-pe-tinu-vice-potravin-jednim-tahem_39478.html.

⁴⁶¹ Głowacka, K., Kromdijk, J., Kucera, K. et al.: [Photosystem II Subunit S overexpression increases the efficiency of water use in a field-grown crop](#), Nature Communications 9, 868 (2018)

⁴⁶² Garcia-Molina, A., Leister, D.: [Accelerated relaxation of photoprotection impairs biomass accumulation in Arabidopsis](#), Nature Plants 6, 9-12 (2020)

suchu, je změnit struktury jejich listů.⁴⁶³ Zvýšení plodnosti rostlin dosahují vědci také jinými genetickými úpravami. Pro zemědělství je velmi důležitá fáze, kdy rostlina kvete. Během ní vznikají části, které později člověk konzumuje. Tým amerických vědců pod vedením Z. Lippmana se zaměřil právě na urychlení a posílení této fáze. Podařilo se jim odhalit tři geny, které je třeba upravit - dva z nich řídí rychlost květu a tvorby plodů, poslední ovládá velikost rostlin. Vědci pomocí metody CRISPR/Cas9 tyto geny vypnuli a vytvořili tím drobné keříčky rajčat, které plodí velké trsy cherry rajčat za méně než čtyřicet dní. Upravená rajčata považují za ideální k pěstování ve městech – jsou kompaktní, mají vysoké výnosy a dají se pěstovat kdekoliv. Provedený výzkum je podle vědců značně univerzální, upravovaný genetický proces je totiž podobný i u dalších rostlin. Řada zemědělských plodin by se tak v budoucnu dala snadněji pěstovat i v městském prostředí.⁴⁶⁴ Vědci se pomocí moderních výpočetních technologií snaží přečíst genomy stěžejních hospodářských plodin. Dnes již dokáží sekvenovat (přečíst) genetický kód kukuřice, rýže, soji, čiroku, ječmene či [pšenice](#). Sekvenováním genomu pomáhají vědci například zemědělcům v boji s nákazami (příkladem může být pěstování manioku v Africe).⁴⁶⁵

Bylo zmíněno, že genetické manipulace jsou ve společnosti kontroverzní a vyvstává z nich mnoho etických otázek. Z těch nejvýznamnějších uvedme:

- informace získané genetickou analýzou
- vytváření a využití lidských embryí a jejich genetické testování, selekce pohlaví
- klonování (zachování rozmanitosti druhů, záchrana ohrožených druhů)
- genetická modifikace organismů
- konzumace geneticky upravených potravin
- dopad geneticky modifikovaných plodin na životní prostředí
- genová terapie
- transplantace orgánů
- genetické vylepšování člověka
- patentování živých organismů
- bioterorismus, vývoj biologických zbraní.⁴⁶⁶

Jedním ze směrů, kterým se nyní ubírá výpočetní výzkum, je **biocomputing** – obor, zabývající se výpočetními metodami vycházejícími z biologických procesů. DNA computing, známý také jako molekulární výpočet, je novým přístupem založeným na průlomové práci L. Adlemana (z roku 1994). V roce 2013 tým bioinženýrů ze Stanfordské univerzity v [časopise Science](#) oznámil, že vytvořili biologický ekvivalent tranzistoru, který nazvali „[transcriptor](#)“. Vynález byl finálním třetím komponentem nezbytným k vybudování plně funkčního počítače: ukládání dat, přenosu informací a základního systému logiky.⁴⁶⁷ Vědci tak mohli vyvinout počítač, který k ukládání a zpracovávání

⁴⁶³ Vědci dokázali vysledovat, jak rostliny vytvářejí síť vzduchových kanálků, které fungují jako plíce rostliny. Poukazují na pšenici, která byla lidmi po generace pěstována s menším počtem průduchů a tedy s méně vzduchovými kanálky. Díky tomu jsou listy pšenice hustší a plodina může prosperovat i s nižším příjmem vody. In: Lundgren, M. R., A., Baillie, A. L., Dunn J., Wilson, M., J., Hunt, L., Pajor, R., Fradera-Soler, M., Rolfe, S., Osborne, C. P., Sturrock, C., Gray, J. E., Mooney, S. J., Fleming, A. J.: [Mesophyll porosity is modulated by the presence of functional stomata](#). Nature Communications 10, 1 (2019).

⁴⁶⁴ Kwon, Ch-T., Heo J., Lemmon Z. H., Capua, Y., Hutton S. H., Van Eck, J., Park S. J., Lippman, Z. B.: [Rapid customization of Solanaceae fruit crops for urban agriculture](#), Nature Biotechnology 38, 182–188 (2020)

⁴⁶⁵ Na pěstování manioku je závislých 800 milionů lidí. V Africe se jím denně živí 500 milionů. Hlízy však napadaly viry, které úrodu decimovaly. Vědci v projektu nazvaném Cassava Virus Action Project odeberou vzorek DNA rostliny a během tří hodin pomocí Minionu, kapesního DNA sekvenčního zařízení, které se připojuje k malému superpočítači pro analýzu dat, identifikují patogeny. Potom, co zemědělci spálí pole, jim pomohou získat druhy manioku, které jsou proti těmto virům odolné. Viz

https://www.ted.com/talks/laura_boykin_how_we_re_using_dna_tech_to_help_farmers_fight_crop_diseases.

⁴⁶⁶ Millett, P., Snyder-Beattie, A.: [Existential Risk and Cost-Effective Biosecurity](#), Health Security Volume 15, Number 4, 2017 Mary Ann Liebert, Inc.

⁴⁶⁷ Gonzalez, R., T.: [This new discovery will finally allow us to build biological computers](#), IO9, 29, 2013.

Paralelní biologické výpočty se sítěmi, kde pohyb biologických agentů odpovídá aritmetickému sčítání, byly demonstrovány v roce 2016 na instanci SUBSET SUM s 8 kandidátskými řešeními

informací využívá DNA.⁴⁶⁸ V roce 2016 byl demonstrován paralelní biologický výpočet, kde pohyb biologických agentů koresponduje s aritmetickým sčítáním.⁴⁶⁹ Do dnešní doby vědci ukázali mnoho příkladů jednoduchých biopočítačů,⁴⁷⁰ ale jejich možnosti jsou velmi omezené ve srovnání s komerčně dostupnými počítači. Někteří lidé věří, že biopočítače mají velký potenciál a že u počítačů založených na kombinaci řetězců DNA by mohly být vyvinuty mnohem složitější výpočetní obvody, které by dovolovaly řešit složité matematické problémy s použitím mnohem menší energie než standardní elektronické superpočítače a zároveň by dovolovaly provádět výpočty milionů operací současně. IT založená na bázi DNA tak představuje velký potenciál pro řešení problémů, se kterými si současné počítače na bázi křemíku neporadí. Navíc není nákladná na výrobu, energeticky náročná a nezabírá místo. I ona však s sebou nese etické a bezpečnostní otázky – například že tvořením DNA v podstatě vzniká organismus, z hlediska bezpečnosti i tento systém budou napadat biohackeři apod. Vědci se pokusili zabudovat bezpečnostní prvky například tím, že dali bakterii zabíjäcké geny, takže chyby by automaticky po stanovené době umřeli. Problém je ale v tom, že evoluce vždy najde cestu kolem, vznikne tak třeba mutantní kopie zabíjäckého genu, která nefunguje správně.⁴⁷¹ Nově rozvíjející oblast výzkumu je také přenos informací v bakteriálním světě. Myšlenku „[biointernetu](#)“ rozpracovali Raphael Kim a Stefan Poslad z University of London. Poukazují na schopnost bakterií účinně komunikovat, efektivně informace ukládat a přenášet. V současné době k výzkumu používají známou modelovou bakterii *Escherichia coli*.⁴⁷²

Kromě náhrady za klasické elektronické počítače existuje mnoho potenciálních aplikací biomolekul, například v oblasti nanotechnologií a minipočítačů v lékařství, kdy jsou tyto miniaturní stroje umísťovány přímo do těla, aby rozpoznaly chorobu. Mikroskopický lékařský robot cestuje v krevním řečišti člověka a distribuuje odpovídající léky při prvních známkách nemoci. Takový stroj se jim rovněž podařilo sestavit – vědci ho naprogramovali tak, aby diagnostikoval molekulární složky, které charakterizují rakovinu prostaty a plic, a následně její nosiče likvidoval vytvářením DNA vláken. To proběhlo zatím ve zkumavce. Možné zavedení do praxe a nasazení těchto automatů v těle pacientů však může trvat ještě desítky let.⁴⁷³ Dalším z řady využití biologických výpočetních systémů je možnost ukládání dat [pomocí DNA](#). Většinu nových dat nyní lidé ukládají na magnetická nebo flashová úložiště (odmyslíme-li nepříliš spolehlivý cloud). To je dobré řešení pro uchování dat na několik let. Vědci odhadují, že do roku 2040 lidé vygenerují tolik dat, že nebudou stačit křemíkové čipy, aby všechno uložily. Hledají proto nové metody, jak obrovská množství dat ukládat dlouhodobě, na stovky až tisíce let.⁴⁷⁴ Ukládání dat převodem DNA se jeví jako slibný způsob – pouhý gram DNA dokáže pojmout zettabajt (miliardu terabajtů) informací a uchovat je až po dobu dvou tisíc let, aniž

⁴⁶⁸ Počítač aplikuje pro svou práci biologický proces, známý jako hybridizace. K tomu dochází v okamžiku, kdy se dva řetězce DNA spojí dohromady a vytvoří dvouřetězcovou strukturu. Specifické spojování jednotlivých úseků nukleových kyselin pak kóduje konkrétní číslo. Příslušná kombinace je zároveň propojena s fluorescenční molekulou, která spojením obou vláken dává pozorovateli signál ve formě záření. Vědci mohou hybridizaci samovolně řídit a skrze zářící roztok, ve kterém tato reakce probíhá, získávat "výpočet". Podrobně o DNA computing viz <https://www.slideshare.net/KinjalMondal/dna-based-computer-present-future> nebo https://en.wikipedia.org/wiki/DNA_computing.

⁴⁶⁹ Nicolau, D. V., Lard, M., Korten, T., van Delft, F. C. M. J. M., Persson, M., Bengtsson, E., Månsson, A., Diez, S., Linke, H., Nicolau, D. V. (Mar 8, 2016). "[Parallel computing with molecular motors](#)". Proceedings of the National Academy of Sciences. 113 (10): 2591–2596

⁴⁷⁰ Jedním z posledních významnějších pokroků viz Chunyang Zhou, Hongmei Geng, Pengfei Wang, Chunlei Guo: [Programmable DNA Nanoindicator-Based Platform for Large-Scale Square Root Logic Biocomputing](#), Small 2019

⁴⁷¹ Amos, M.: *Na úsvitu živých strojů*, Mladá fronta, Praha 2008

⁴⁷² Viz <https://www.czechsight.cz/poslouzi-bakterialni-komunikace-k-vyvoji-biologicke-internetove-site/>.

⁴⁷³ Dle <https://www.scienceworld.cz/technologie/martyn-amos-na-usvitu-zivych-stroju-6770/>.

⁴⁷⁴ Na ukládání dat do DNA pracují výzkumné týmy v Americe i Švýcarském technologickém institutu v Curychu (ETH), viz <https://ethz.ch/en/news-and-events/eth-news/news/2015/02/data-storage-for-eternity.html> a <https://science.sciencemag.org/content/337/6102/1628.abstract>. Na jiný způsob přišli vědci z University of Southampton. Vyrobili skleněný disk, do kterého femtosekundovým laserem vypálili vrstvy binárních nanostruktur, které by šlo zpětně přečíst. Použitý materiál je dostatečně stabilní, aby přežil teploty až 1 000°C. Zároveň by měl při správném zacházení vydržet až miliardy let. Viz <https://www.southampton.ac.uk/news/2016/02/5d-data-storage-update.page>.

by došlo k jejich poškození. Binární kód strojů se převede do genetického kódu života (například: 00 = A, 01 = G, 10 = C, 11 = T) a když se tato data mají přečíst, sekvenuje se DNA a převedou se zpět na binární. Vědci si slibují, že by jednoho dne tato metoda skladování informací mohla nahradit pevné disky v datových centrech pro archivaci. Také firmy v Silicon Valley investují do vývoje ukládacího média na bázi DNA. Biotechnologický startup [Twist Bioscience](#),⁴⁷⁵ který komerčně sekvenuje DNA a vyrábí syntetické DNA, pracuje spolu s dalšími firmami na tom, aby se prodej DNA datových úložišť zlevnil natolik, aby byla komerčně rentabilní. [Microsoft](#) od ní odkoupil v roce 2016 10 milionů syntetických DNA vláken, a zapojil se tak k dalším firmám (stejně jako například Micron), které zde vidí potenciál.

Výroba syntetické DNA spadá pod další slibnou oblast výzkumu, **syntetickou biologii**, která spojuje genetiku, chemii a inženýrství a pokouší se o syntézu umělých součástí v živých systémech, „inženýrské“ přetváření přirozených biologických systémů apod. Vytvořené umělé biologické systémy pak využívá pro výzkum, inženýrství a lékařské aplikace. V květnu 2010 tým vědců pod vedením již zmiňovaného Craiga Ventera vytvořil první „umělou formu života“. Byla provedena syntéza velmi dlouhé molekuly DNA obsahující kompletní genom bakterie a ta byla zavedena do jiné buňky. V březnu 2016 oznámil Venter vytvoření genomu s počtem genů nižším než jakýkoli volně žijící organismus (473 genů). Cíle projektu bylo shrnout všechny podstatné geny tak, aby zůstal pouze minimální počet potřebný pro podporu života. Mezi první úspěchy syntetické biologie patří umělý genetický oscilátor v buňkách, který se nachází uplatnění v genové terapii a biotechnologii, kontrolované biologické obvody či mikrobiální kamera, která zachycuje obraz pomocí bakterií citlivých na světlo.⁴⁷⁶ Metodami syntetické biologie vytvořili vědci také neškodné umělé fágy,⁴⁷⁷ které bojují proti infekčním virům. Speciálně navržený fág s názvem Q-beta věrně napodobuje struktury na povrchu plicních buněk, na které se virus chřipky běžně váže a způsobem podobným mucholapce ho znehybňuje. Nabízí se tím prostředek k vývoji inovativních antivirových léčiv. Vědci se již deset let snaží pěstovat lidské orgány včetně ledvin, jater či kůže. Tyto „organoidy“ nejsou plně vytvořené funkční orgány, ale miniaturizované verze, které pomáhají vědcům modelovat různá onemocnění a testovat terapie. Už v roce 2013 dokázali v Institutu molekulární biotechnologie Rakouské akademie věd (IMBA) vypěstovat trojrozměrné organoidy – [mozkoidy](#) – z linií lidských embryonálních kmenových buněk a indukovaných pluripotentních kmenových buněk (iPSC). Po dvou měsících růstu v bioreaktoru vznikly plně vyvinuté mozkoidey určené pro studium poruch vývoje mozku či vlivu chemických látek na lidský mozek.⁴⁷⁸ Až do minulého roku však nevykazovaly sbírky vypěstovaných neuronů žádnou mozkovou aktivitu. V roce 2019 dokázali američtí vědci vytvořit shluky nervových buněk „mini brains“, které vydávaly mozkové vlny, složité vzorce nervové aktivity, podobné vlnám u předčasně narozených dětí. Organoid fungující jako skutečný mozek pomůže vědcům studovat a výhledově léčit řadu neurologických a psychiatrických poruch, jako je epilepsie, mrtvice a schizofrenie nebo studovat lidský mozek a jeho vývoj [porovnáváním s mozkem opic](#).⁴⁷⁹ Vědecká komunita si je vědoma možných etických problémů, spolupracuje proto nyní s odborníky na etiku

⁴⁷⁵ Před šesti lety Twist přišel na to, jak urychlit proces výroby zakázkové DNA. Zatímco mnoho tradičních strojů vyrábí 96 krátkých řetězců DNA najednou, roboti Twistu mohou vydělat milion a ukládat mikroskopické kapky stavebních bloků DNA na křemíkové čipy. Ale za 1 000 USD za megabajt je stále příliš nákladné na ukládání dat v měřítku. Konečný cíl je 100 USD za terabajt.

⁴⁷⁶ Amos, M.: *Na úsvitu živých strojů*, Mladá fronta, Praha 2008

⁴⁷⁷ Takzvané bakteriofágy jsou typem virů, který zabíjí jiné mikroby, obvykle, jak název napovídá, bakterie. Již dříve byly prozkoumány a zhodnoceny jako možné alternativy k antibiotikům - díky své baktericidní povaze by mohly být účinně použity k léčbě pneumonií, sterilizaci ran a řadě dalších onemocnění či průmyslových odvětví. Více viz Lauster, D., Klenk, S., Ludwig, K. et al.: [Phage capsid nanoparticles with defined ligand arrangement block influenza virus entry](#). *Nature Nanotechnol.* (2020). Dle <https://www.czechsight.cz/umely-virus-zneskodnuje-chripku/>.

⁴⁷⁸ Badatelé vytvořili indukované pluripotentní kmenové buňky z kůže pacienta s mikrocefalií, čili genetickou poruchou, která vede k nápadnému zmenšení mozku. Z těchto buněk pak vypěstovali mozkoidey, které byly dle očekávání znatelně menší než mozkoidey z normálních buněk. Detailní analýzy těchto mozkooidů nakonec vedly k hypotéze, že mikrocefalie vzniká v důsledku změny směru dělení kmenových buněk. Dle <https://www.osel.cz/7101-mozkoidy-ze-zkumavky-novou-posilou-ve-vyzkumu-mozku.html>.

⁴⁷⁹ Dle <https://www.czechsight.cz/umely-zivot-americti-vedci-vytvorili-drobne-lidske-mozky/>.

na stanovení regulačního rámce tohoto druhu výzkumu. Na začátku roku 2020 tým vědců z University of Vermont a Tufts University využil kmenové buňky z žabích embryí k vytvoření prvních robotů, kteří vznikli pouze z buněk živých organismů. Výslední „[Xenoboti](#)“ se skládají z 500 až 1000 buněk a byli navrženi superpočítačem Deep Green, který přišel s modelem, jak pospojovat stovky buněk do funkčního celku. Rozměry nedosahují Xenoboti ani jednoho milimetru. Vědci prokázali, že se jejich roboti dokáží pohybovat, posouvat okolní objekty a dokonce přenášet náklad. To vše díky aplikaci dvou typů buněk: kožních buněk, které drží vše pohromadě, a buněk srdečního svalstva, které stojí za pohybem robota. Roboti dokonce sami od sebe začali spolupracovat tak, aby snáze přesouvali okolní částice na jedno místo. Stadium, ve kterém se aktuálně nachází, je dělá relativně neškodnými, možnost vyvinout z nich v budoucnu třeba biologické zbraně zde však je. Vědci však spoléhají na pozitivní varianty užití živých robotů, např. vyhledávání radioaktivních kontaminací, shromažďování mikroplastů v oceánech, cestování v tepnách za účelem zbavit jich plaku či při řízené léčbě – například pacientovi s rakovinou by doručili žádoucí léky přesně na potřebné místo, takže by jejich aplikace neměla případné negativní účinky na zbytek těla. Ke stejnému účelu mohou sice sloužit i nanoboti, výhodou xenobotů však je, že zmizí v těle bez následků, mohou být dokonce i vytvořeni z buněk nemocného člověka.⁴⁸⁰

Jedním z témat, kterému je dnes v oblasti medicíny věnována velká pozornost, je vývoj moderních technologií, umožňujících včasnou a rychlou **diagnostiku**. Vědci z University of Bath například nedávno přišli na to, že by infekce močových cest mohly být snadno a levně diagnostikovány za pomoci obyčejné kamery smartphonu. Za tímto účelem vyvinuli [technologii](#), která je dokáže odhalit za pouhých 25 minut. Jelikož je přenosná a výrazně levnější, než tradiční laboratorní testy, mohla by umožnit efektivní diagnostiku pacientů v rozvojovém světě a snížit nadužívání antibiotik. V listopadu 2019 vyvinuli zase vědci z University of Wisconsin-Madison záchod, schopný analyzovat moč a odhalit zdravotní problémy při každém jeho použití. Výzkumníci z Imunitního a infekčního centra při Columbia School Public Health v roce 2018 vytvořili první diagnostický nástroj BacCapSeq, který lékařům umožňuje souběžně testovat pacienty na všechny známé lidské patogenní bakterie, virulentní markery a také na antibiotickou rezistenci. Kompletní výsledky dodá do 70 hodin. BacCapSeq je doplňkem testu VirCapSeq – podobného testu, který vyvinulo stejné středisko, ale který dokáže odhalit veškeré člověku nebezpečné virové infekce.⁴⁸¹ Tým vědců z Georgia State University letos přišel s [novou diagnostickou metodou](#), která dokáže zachytit nebezpečnou rakovinu jater už v jejím počátku. Jedná se o kombinaci MRI (magnetické resonance) a kontrastní látky, nyní se chystají klinické testy na lidech.⁴⁸² Dalším z řady letošních objevů je [lék](#), který by mohl být v budoucnu preventivně podáván pacientům s rizikem rozvoje akutní myeloidní leukémie (AML, jedná se o závažný druh leukémie – [71,7 %](#) pacientů se nedožije více než 5 let od data stanovení diagnózy). Molekula VTP-50469 totiž dokáže zvrátit průběh AML ještě před tím, než nemoc propukne. Nové diagnostické postupy a metody velmi často využívají ke stanovení diagnózy umělou inteligenci. Její současný vývoj dovoluje využití systémů, které se sami učí a následně pak diagnostikují choroby (například mozkový nádor).⁴⁸³

V medicíně nachází významné uplatnění také **3D tisk**. Vědci se nyní ve výzkumu soustředí na tisk biologických tkání a orgánů⁴⁸⁴ a hledají různé cesty, jak překonat dosavadní překážky bránící praktickému využití.⁴⁸⁵ Kromě buněk skutečných orgánů mohou biotiskárny používat kmenové buňky, bioinženýrské materiály (jako polymer nazývaný alginát, který byl dříve používán k výrobě tkáně

⁴⁸⁰ Dle <https://www.osel.cz/10983-xenoboti-jsou-superpocitacem-navrzene-zombie-strojky-z-zivych-bunek.html> a <https://www.pnas.org/content/117/4/1853>.

⁴⁸¹ Dle <https://www.e15.cz/magazin/vedci-zjistili-ze-maji-test-na-vsechny-bakterialni-infekce-1352724>.

⁴⁸² Shanshan Tan, Hua Yang, Shenghui Xue, Jingjuan Qiao, Mani Salarian *et al*: [Chemokine receptor 4 targeted protein MRI contrast agent for early detection of liver metastases](#), Science Advances 07 Feb 2020, Vol. 6, no. 6

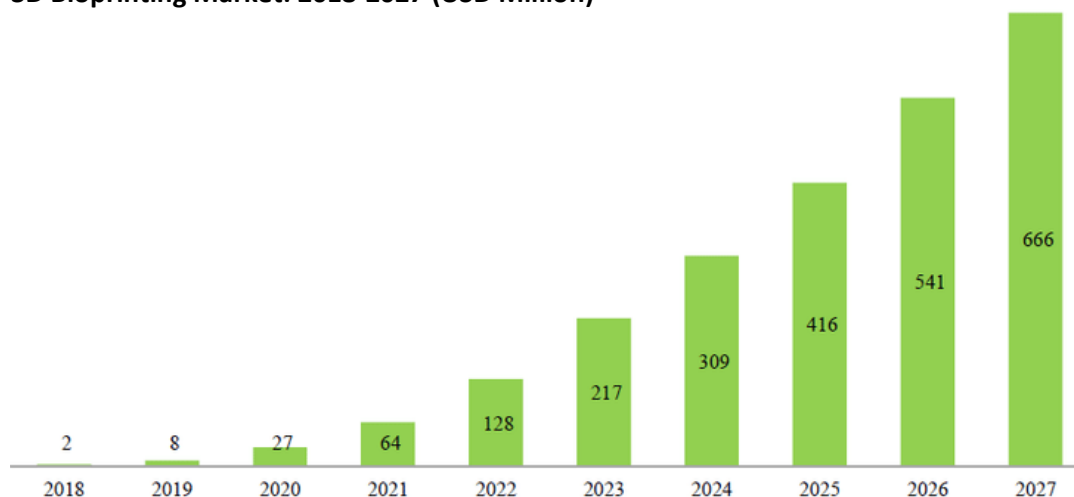
⁴⁸³ Dle <https://www.6dhub.cz/3d/3d/nvidia-vyvinula-ai-system-ktery-umi-generovat-synteticke-3d-skeny-rakoviny-mozku/>.

⁴⁸⁴ Sun, W. *et al*: [The bioprinting roadmap](#), Biofabrication 12 (2), 2020

⁴⁸⁵ Například ve výrobě cévního systému umělých tkání a orgánů, viz <https://www.matfyz.cz/clanky/1233-aktualita-z-fyziky-nova-metoda-pro-tkanove-inzenyrstvi>.

aortální chlopně) a další náhrady, které lidské tělo neodmítne.⁴⁸⁶ Jakmile je vzorek tkáně vytištěn, musí jít do inkubátoru, aby se buňky mohly sloučit a začít pracovat společně jako skutečný orgán. Známy je případ [implantace čelisti](#), vědci už také zvládli vytisknout [lidské ucho](#), použitý materiál obsahoval živé buňky a hydrogel s alginátem, který měl zajistit dostatečnou pružnost a pevnost. Nyní již výzkumníci pracují na metodách, jak tisknout z čistě buněčného materiálu bez příměsí cizorodých látek. Využívají k tomu embryonální kmenové buňky. Jedná se o materiál vysoce citlivý na vnější vlivy, při prvních pokusech o 3D tisk nebyly buňky vlivem poškození schopné života. Nakonec se ale vědcům podařilo sestavit 3D tiskárnu, která životaschopnost kmenových buněk zachovává. 3D tisk se tak možná už v blízké budoucnosti bude užívat k [tisku lidských orgánů](#) vhodných k transplantaci. Nabízí se tím řešení dlouhodobého nedostatku dárcovských orgánů, navíc by měly být tyto orgány pro potenciálního pacienta bezpečnější, protože jednou z podstatných výhod je nulová pravděpodobnost odmítnutí cizorodé tkáně. V roce 2019 tým brazilských vědců úspěšně vytiskl drobné organoidy, které plní veškeré funkce lidských jater. Za tímto účelem musel brazilský tým kultivovat a následně přeprogramovat lidské kmenové buňky, které pak pomocí 3D tisku strukturoval do vrstev, tvořící tkáň. Přestože umělá mini-játra své biologické funkce plní, mají do těch skutečných stále daleko. Vědci jsou prý však na cestě k velmi slibným výsledkům.⁴⁸⁷ Pracuje se také na ledvinách, protože až 80 % pacientů čekajících na transplantaci potřebuje právě ledvinu.⁴⁸⁸ Vědci už také dokázali úspěšně vytisknout funkční cévy. S významný i pokroky vědců na tomto poli jsou zároveň na místě obavy etické otázky a obavy z dalšího vývoje. Vědci sami volají po nových jasných regulacích, který současný stav vědy odráží.⁴⁸⁹ Kromě uplatnění v medicíně vidí velký potenciál vědci ve využívání 3D tiskáren k [produkci masa](#) a kůže pro lidské potřeby (vzhledem ke stálému nárůstu světové populace a zhoršování klimatických podmínek Země).

3D Bioprinting Market: 2018-2027 (USD Million)



Zdroj: https://www.researchgate.net/figure/3D-Bioprinting-Market-Short-Mid-Term-2018-2027-USD-Million-24_fig1_327344757

3D tisk se dále uplatňuje například v oblasti protetiky, funkční protézy pomáhají lidem v [každodenním životě](#). Také robotické náhrady jsou dnes na špičkové úrovni, dokáží suplovat biologické části těla. [Bionické ruce](#) a [nohy](#) reagují na impulzy přímo z mozku a věrně nahrazují zdravé ruce nebo nohy. Vědci se snaží zapojit i AI, aby byly snáze ovladatelné.⁴⁹⁰ Naslouchátka se vyvinula v [kochleární](#)

⁴⁸⁶ Vědci například nedávno přišli na nový způsob transplantace kůže pomocí tiskárny, viz <https://www.czechsight.cz/prenosne-zarizeni-ktre-dokaze-tisknout-novou-kuzi-primo-na-rany-popalenyh-pacientu/>.

⁴⁸⁷ Dle <https://www.czechsight.cz/brazilsti-vedci-vytiskli-funkcni-jatra/>.

⁴⁸⁸ Viz https://www.ted.com/talks/anthony_atala_printing_a_human_kidney?language=cs.

⁴⁸⁹ Vědci jsou už dokonce blízko vytvoření umělého lidského embrya, viz <https://www.czechsight.cz/seznamte-se-s-umelymi-lidskymi-embryi/>.

⁴⁹⁰ Viz <https://www.media.mit.edu/articles/how-ai-is-helping-patients-with-prosthetics/>.

[implantáty](#),⁴⁹¹ brýle se běžně odstraňují laserovou operací, [elektronické brýle](#) pomáhají slabozrakým vidět (stejně jako [bionické oko](#)), vyvíjí se [zařízení](#), které hluchým pomáhá komunikovat, [někým mluvit](#), [pátevní implantáty](#) pomáhající chodit. Všechny tyto technologie spolu dalšími, které se týkají fungování lidského těla (vývojem [umělých orgánů a tkání](#),⁴⁹² genové manipulace atd.) spadají do oblasti, která je nazývána „human augmentation“ (rozšiřování lidských schopností, také „augmented human“ či „human 2.0“)⁴⁹³ a která je jednou ze současných vědeckých i podnikatelských priorit.⁴⁹⁴ V této chvíli jsou technologie na pokraji přechodu od těch, které nahrazují lidské schopnosti (první stupeň „human augmentation“, viz výše) k těm, které vytváří nadlidské schopnosti (konečný stav).⁴⁹⁵ Mezi těmito stupni je úroveň tzv. suplementace, kdy technologie člověka posune o krok dále a umožní mu dělat věci, které jsou přirozeně možné, ale lépe – běžet rychleji, skákat výš a snášet více. Patří sem [exoskelety](#),⁴⁹⁶ kterým odborníci připisují velkou budoucnost. Dnes jsou na vzestupu hlavně v [automobilovém průmyslu](#) a pomáhají pracovníkům s fyzickou zátěží (například exoskeleton [Sarcos Guardian](#), se kterým jsou schopni zvedat až sto kilogramů a provádět obtížné montáže), [špunty do uší](#), které mají funkci automatického tlumočnicka, [inteligentní brýle](#), [VR](#), [AR](#) či [MR brýle](#).⁴⁹⁷ Patří sem i projekty, které se snaží vytvořit rozhraní mozku a počítače (BCI, brain-computer interface).⁴⁹⁸ Spojení lidského mozku se strojem vyhlíží mnoho [vědců](#) i vizionářů. Pokud by mozek s počítačem dokázal komunikovat rychleji, mohlo by to změnit hodně věcí. Vědci pracují jak na propojení mozku s počítačem pomocí neinvazivních zařízení,⁴⁹⁹ tak na propojení na neurální úrovni pomocí elektrod-mikroimplantátů, které by jako vodivá vlákna mohly zaznamenávat mozkovou činnost. Díky interpretaci strojového učení by tak lidé mohli po čase ovládat stroje svou

⁴⁹¹ Kochleární implantát je druh ušního implantátu (implantovaného přístroje určeného na pomoc sluchově postiženým lidem), který se vkládá do vnitřního ucha (stimuluje nervy ve vnitřním uchu) a nahrazuje funkci hlemýžďe (kochley). První implantát byl navržen na Univerzitě v Melbourne v Austrálii a firmou Cochlear Limited. Dle https://cs.wikipedia.org/wiki/Kochle%C3%A1rn%C3%AD_implant%C3%A1t.

⁴⁹² S příchodem umělých orgánů a implantátů vzniká potřeba jejich napájení. To však není v základu kompatibilní s tím, které používá například lidské tělo. Lze to samozřejmě řešit pomocí interních či externích baterií, ale to skýtá mnohé problémy. Baterie mají totiž omezenou životnost a musí se v pravidelných intervalech vyměňovat. Příkladem je kardiostimulátor, u kterého je nutné minimálně jednou za pět let vyměnit baterie, což znamená zbytečný zásah do těla a případné komplikace při operaci. Vědci už ale mají řešení, které sice není nové (základy sahají do roku 1970), ale s příchodem nanotechnologií lze vyrábět energii pomocí biopalivových článků mnohem efektivněji. Vědci už dokáží získávat energii z vnitřního koloběhu chemických látek v organismu. S technologií, která vyrábí energii „z lidských zdrojů“, by to však bylo mnohem jednodušší. Takový umělý orgán by teoreticky mohl fungovat nepřetržitě po celou dobu života, bez nutnosti jakýchkoli dalších operací a zásahů do těla. Podrobněji viz <https://vtm.zive.cz/clanky/levny-a-efektivni-zdroj-napajeni-lidske-telo/sc-870-a-185851/default.aspx>

⁴⁹³ Human augmentation = umělý nástroj k přímé změně funkčnosti lidského těla. Tématu je věnována série konferencí [Augmented Human \(AH\)](#) i specializovaný vědecký [časopis Augmented Human Research](#) nakladatelství Springer.

⁴⁹⁴ Podrobně o human augmentation viz studie Raisamo, R., Rakkolainen, I., Majaranta, P., Salminen, K., Rantala, J., Farooq, J.: [Human augmentation: Past, present and future](#), International Journal of Human-Computer Studies, Vol 131, Nov 2019, p. 131-143. Vědci v ní rozdělili oblast do tří podoblastí: zlepšení smyslu, pohybu a poznání.

⁴⁹⁵ Dle <https://www.freshconsulting.com/examples-of-human-augmentation/>.

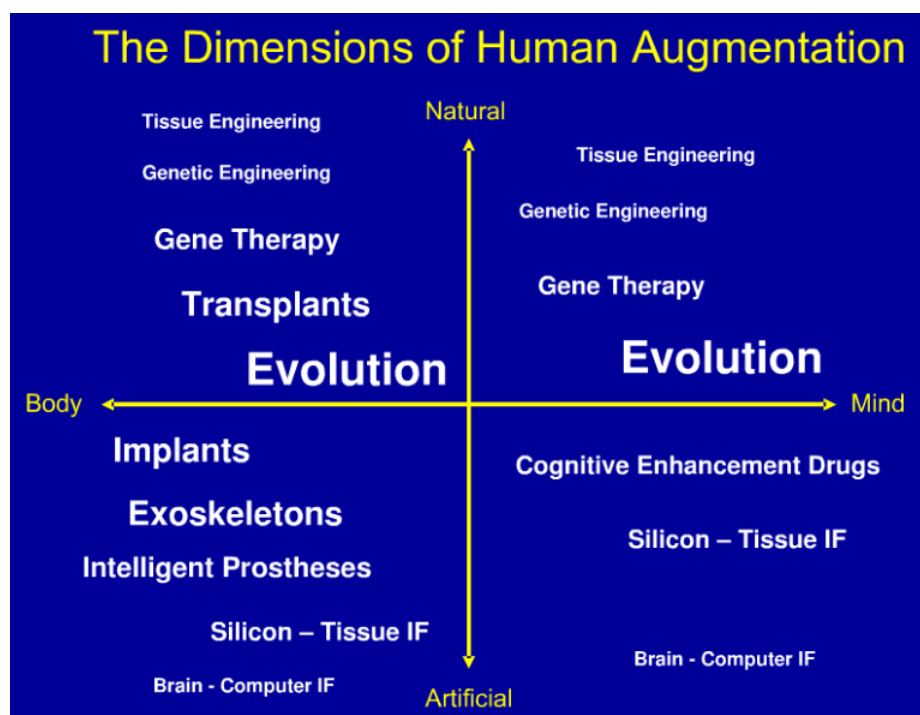
⁴⁹⁶ Exoskelety se mohou rozdělit do dvou skupin – pasivní exoskelety (bez elektroniky) a aktivní, které mají senzory a elektronická zařízení a jsou to v podstatě druhy robotů.

⁴⁹⁷ MR – mixed reality, také mixovaná realita, je technologie, která spojuje [virtuální realitu](#) a [rozšířenou realitu](#) za účelem projekce virtuálních vizualizací do reálného světa. V tomto prostředí je možné provádět interakce v reálném čase s virtuálními nebo fyzickými předměty pomocí svých rukou nebo nohou. Dle https://cs.wikipedia.org/wiki/Mixed_reality.

⁴⁹⁸ V medicíně má BCI velký potenciál v léčbě neurologických problémů a duševních nemocí, viz například <https://news.berkeley.edu/2018/12/31/wireless-pacemaker-for-the-brain-could-be-new-standard-treatment-for-neurological-disorders/>.

⁴⁹⁹ Facebook vyvíjí přenosné neinvazivní zařízení od roku 2017. V roce 2019 uveřejnil studii, ve které popisuje úspěšný pokrok, viz Moses, D. A., Leonard, M. K., Makin, J. G. et al.: *Real-time decoding of question-and-answer speech dialogue using human cortical activity*. Nature Communications 10, 3096 (2019). Paralelně se vyvíjí neinvazivní, nositelné, periferní nervové rozhraní AlterEgo na MIT, primárně jako pomoc postiženým, viz <https://www.media.mit.edu/projects/alterego/overview/>. Neuroprotetická zařízení, která dokáží rekonstruovat řeč z nervové aktivity, vyvinuli také fyzici z Columbia University a skupina z University of California, viz <https://www.matfyz.cz/clanky/1463-top-ten-fyziky-2019>.

myslí. Neuralink⁵⁰⁰ vizionáře Elona Muska už testuje své mikroimplantáty na opicích a brzy je chce začít testovat i na lidech. Pokud půjde výzkum dobře, v budoucnu by dle [Bloombergu](#) rád docílil toho, že lidé budou moci pouhou myšlenkou psát zprávy a e-maily, surfovat na internetu či dokonce do mozku stáhnout cizí jazyk nebo si vyměňovat myšlenky. Dle vedení společnosti má tato technologie mnohem větší potenciál, nyní se prý ale bude hlavně snažit pomáhat postiženým a nemocným pacientům dosáhnout rychlosti psaní 40 slov za minutu. Konečná úroveň human augmentation umožní lidem překonat vlastní vrozené schopnosti. Mnoho technologií může například rozšířit lidské smysly nad jejich přirozené limity – světelné senzory nebo malé kamery by mohly dát uživateli „oči orla“ nebo noční vidění, nebo dokonce jít daleko za hranice vlnových délek lidského vidění a dát člověku „rentgenové vidění“. Dalším příkladem může být létání (společnost Zapata vynalezla osobní létající zařízení, „[flyboard](#)“), neviditelnost (vědci vyvíjejí „[neviditelný plášť](#)“), či zlepšit paměť. Stoupající míra propojení lidského těla a techniky bude pravděpodobně vést ke vzniku a rozšíření [kyborgů](#),⁵⁰¹ úplnému prolnutí syntetického a biologického světa a trvalému rozšíření lidských emocionálních, kognitivních i pohybových schopností.

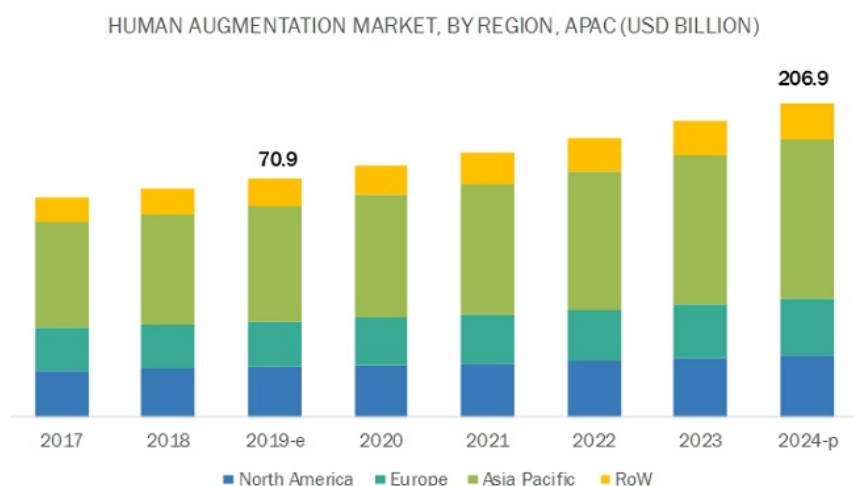


Zdroj: <https://www.slideshare.net/borgtamer/the-future-of-human-augmentation-v2-5624699>

⁵⁰⁰ Jedná se o projekt Elona Muska založený v červenci 2016, který chce v budoucnu umožnit ochrnutým lidem ovládání počítače či mobilního telefonu jen pouhou myšlenkou. Neuralink 2019 má nyní přibližně 100 zaměstnanců včetně řady neurologů, neurochirurgů a dalších expertů z univerzitního prostředí a již mimo jiné získal i finanční injekci 158 milionů dolarů (Musk z nich poskytl 100 milionů). Základem konceptu jsou komunikační vlákna implantovaná do mozku. Má jich být 96 a každé z nich bude obsahovat 32 elektrod (dohromady tedy bude na vláknech 3 072 elektrod). Jejich výhodou je tloušťka jen 4 až 6 mikrometrů, což představuje asi třetinu tloušťky lidského vlasu. Vlákna budou přijímat signály neuronů a ty následně poputují v konečném důsledku až do počítače. Nyní se data přenášejí pouze kabelem, v budoucnu by ale mělo vše probíhat bezdrátově. Problém je nyní životnost. Vodivé kovy ve vlhkém prostředí živých tkání fungují spolehlivě jen několik měsíců. Tým profesora Viveniho z Dukeovy univerzity v Severní Karolině však představil nové ohebné senzory, které by mohly v budoucnu vydržet desítky let, takže je možné, že je Neuralink využije. Dle <https://nedd.tiscali.cz/pocitac-i-telefon-ovlad-nete-elektrodami-v-mozku-342921>. Dalším podnikatelem, zapojeným do oblasti neurovědy, je například podnikatel Bryan Johnson, viz <https://www.technologyreview.com/2017/03/16/153211/the-entrepreneur-with-the-100-million-plan-to-link-brains-to-computers/>.

⁵⁰¹ Pojem poprvé použil Manfred Clynes a Nathan Kline v roce 1960. Kyborg představuje syntézu organických a mechanických částí. Na světě prvním vládou oficiálně uznaným kyborgem je konceptuální umělec [Neil Harbisson](#) (narozen 1982), který získal nový smysl, když si nechal do hlavy zabudovat anténu převádějící barvy na vibrace. Anténa zachycuje kmitočty světla – od infračerveného po UV, tento signál je přenášen do hlavy, kde se šíří jako vibrace. Každá barva má svou vibraci a ta proniká do kosti, kost se rozkmitá a ve vnitřním uchu vzniká zvuk. Harbisson tak dokáže slyšet zvuky barev

Skupina vědců v laboratoři MIT Media Lab pod vedením H. Herra se právě o to snaží. V Centru pro extrémní bioniku vynalezli nové neurální rozhraní a komunikační paradigma („NeuroEmbodied Design“), které je schopno poslat příkazy z centrálního nervového systému na robotickou protézu i vlastněceptivní zpětnou vazbu popisující pohyb spoje zpět do centrálního nervového systému. Toto nová paradigma, známé jako „agonista-antagonista myoneurální rozhraní“ (AMI), zahrnuje nový chirurgický přístup k amputaci končetin, ve kterém se dynamické svalové vztahy zachovávají v amputované končetině. AMI byla potvrzena v rozsáhlých předklinických experimentech a následně i v praxi, operaci podstoupilo už více pacientů. Na rozdíl od pacientů s konvenční amputací, kteří mají pocit, že jsou odpojeni od protézy, pacienti s AMI popisují, že se bionické části staly součástí jejich vlastních těl, což je důkaz toho, že mozek a mícha přijaly protetickou končetinu, jako by byla jejich biologická.⁵⁰² Propojení lidí a techniky může dostoupit takové míry, že někteří vědci předpovídají, že bude v budoucnosti možné nahrát lidské vědomí do počítače. Emulace softwaru lidských mozků („ems“) pak převezmou ekonomiku a svět.⁵⁰³ Takového scénáře varují, aby technologický rozvoj a výzkum nebyl prováděn izolovaně, aniž by se braly v úvahu etické, společenské a filozofické aspekty rozšiřování lidských schopností a možností a propojování syntetického a biologického světa. Při budování těchto technologií je třeba vzít v úvahu postoje jak na individuální, tak společenské úrovni⁵⁰⁴ (environmentální, bezpečnostní a sociální otázky, které tím vyvstávají – vytvoření „biologické propasti“ mezi lidmi, narušení přirozeného běhu věcí, neznalost možných zdravotních a environmentálních následků, zvětšování problému s přelidněním⁵⁰⁵ apod). Zároveň je tato oblast slibným rozvíjejícím se trhem a leží v zorném úhlu současných technologických leaderů. Hlavními hráči na trhu jsou v současné době hlavně americké a asijské firmy (Google, Samsung Electronics, Ekso Bionics, Vuzix Corporation, Garmin, Fossil Group, B-Temia, Casio či Magic Leap).



Zdroj: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/human-augmentation-market-177215310.html>

⁵⁰² Dle <https://www.media.mit.edu/projects/agonist-antagonist-myoneural-interface-ami/overview/>.

⁵⁰³ R. Hanson, ve své knize *The Age of Em* využívá ekonomické a sociální vědy k podrobné předpovědi, jak by takový svět jednoho dne fungoval. Budoucnost, kterou zobrazuje, je děsivá. Bilióny em žijí ve vysokých mrakodrapch chlazených kapalinou v extrémně horkých městech. Většina z nich jsou „velmi schopní workoholici“, kteří si sebe navzájem váží a důvěřují si více než my. Některá em mají robotická těla; jiná žijí ve virtuální realitě (administrativními pracovníci nepotřebují tělo). Některá em jsou tisíckrát výkonnější než lidské mozky, jiná by mohla „běžet“ velmi pomalu, aby ušetřila peníze. Em se podle Hansona budou shromažďovat do „klanů“ a používat „rozhodovací trhy“ k důležitým obchodním a politickým rozhodnutím. Em budou téměř pořád pracovat, ale zároveň pamatovat na existenci, kde byl téměř veškerý čas volný. Ekonomika em se každý měsíc zdvojnásobí a konkurence sníží téměř všechny mzdy na úroveň životního minima. Dohled bude totální. Hanson, R.: *The Age of Em. Work, Love, and Life when Robots Rule the Earth*, Oxford University Press, Oxford 2016.

⁵⁰⁴ Například podle [průzkumu Pew Research Centra](#) byla v roce 2016 většina Američanů minimálně znepokojena tímto typem úprav člověka a většina by si je sama nenechala udělat. Vývoj však jde rychle dopředu a vědci předpokládají, že je pouze otázkou času, než si lidé zvyknou. Postup srovnávají například se srdečními implantáty nebo umělým oplodněním, které vyvolávaly v době svého vzniku podobnou rezervovanost až odpor.

⁵⁰⁵ Vědecké úsilí o nesmrtelnost, masivně dotované vizionáři ze Silicon Valley, kteří se domnívají, že brzy budeme schopni zastavit proces stárnutí a vyléčíme smrt, zachycuje kniha Ch. Watera *Immortality, Inc.: Renegade Science, Silicon Valley Billions, and the Quest to Live Forever*, která vyšla začátkem roku 2020.

Jedním ze stěžejních současných i budoucích technologických trendů jsou **zelené inovace**. Kombinací internetu věcí, velkých dat a umělé inteligence bude možné měřit konzumaci, regulovat poptávku a významně snížit uhlíkovou stopu, dojde ke snížení nákladů a k vybudování nových toků příjmů. Používání a vývoj moderních technologií, šetrnějších k životnímu prostředí, skýtají naději lidí ve zlepšení klimatických podmínek Země. Důsledky globální změny klimatu jsou už citelné, a pokud se jejich příčiny nebudou dostatečně, včas a účinně řešit, dojde brzy k výraznému zhoršení životních podmínek na celé planetě. Nejdiskutovanějším skleníkovým plynem je v současnosti oxid uhličitý (CO_2). Jedním z budoucích řešení by mohla být negativní emisní technologie využívající chemickou přeměnu emitovaného plynného CO_2 na pevné produkty. Pevné látky jsou netěkavé, a proto z hlediska neomezeného skladování neekologičtější. Výzkumný tým vedený odborníky z australské RMIT University v Sydney nedávno představil technologii chemické přeměny CO_2 až na uhlíkaté tuhé částice. Potenciálně může tato technologie skutečně přispět k řešení globálního klimatického problému.⁵⁰⁶ Cílené lidské ovlivňování stavu Země, především jejího klimatu, se nazývá **geoinženýrství** (geoengineering).⁵⁰⁷ Jednou z částí geoinženýrství je sluneční geoinženýrství, kam se řadí skupina hypotetických technologií, které mají za cíl snížit nárůst teplot odražením slunečního světla od povrchu Země. Rozsah navrhovaných opatření přichází s jedinečnými technickými, etickými a politickými výzvami. O rozprašování aerosolů do atmosféry se mluví jako o nejnadějnější technice ochlazení Země (jako při velkých vulkanických erupcích).⁵⁰⁸ Druhá nejvíce diskutovaná možnost je posilování mraků nad oceány. Námořní lodě by rozprašovaly slanou vodu do mraků nad oceány. Předpokládá se, že podobně jako rozprašování aerosolů i tato technika by mohla být použita pouze ve specifických oblastech, například v oblasti korálových útesů k jejich ochraně či v Mexickém zálivu ke snížení síly hurikánů. Vědci však mají obavy, že lokální aplikace této metody by mohla způsobit další turbulence v současném již narušeném klimatickém systému. Další možnost, kterou navrhuji vědci v rámci slunečního geoinženýrství, je zvýšení odrazivosti budov a rostlin. Na zastavěných plochách doporučují využívat světlé barvy, především bílou, jak pro střechy budov, tak pro vyasfaltované a vybetonované plochy. Tento návrh není kontroverzní, na druhou stranu však není příliš účinný – může ale pomoci při snižování účinků městských tepelných ostrovů. Nepříliš známou metodou solárního geoinženýrství jsou „oceánská zrcadla“ – lodě budou při plavbě oceány generovat mikrobublinky, které na mořském povrchu vytvoří vrstvu, která bude mít daleko vyšší odrazivost než normální povrch moře, a díky tomu dojde k ochlazení. Největším problémem této metody může být, že se změní množství slunečního světla, které prochází do jednotlivých vrstev mořské vody a dojde k ovlivnění života v moři a fotosyntézy. Poslední reálně uvažovanou metodou je vyslání velkých zrcadel či stínících prostředků na orbitální dráhu tak, aby částečně stínily Zemi. K eliminaci současného oteplení by stačilo snížit tok slunečních paprsků o 2 %. Tato technologie se zdá být relativně méně kontroverzní, protože by měla být plně pod kontrolou lidí, ale problémem je jednak to, že nejsou zatím dostupné potřebné technologie a jednak že náklady na toto řešení by byly ohromné.⁵⁰⁹ Mnoho vědců se ale k těmto metodám staví **skepticky**, navíc nesou velká rizika, z nichž o mnohých stále ještě ani nevíme.⁵¹⁰ Hlavní problém geoinženýrství při záchraně klimatu však spočívá v tom, že se jedná

⁵⁰⁶ Dle <https://www.matfyz.cz/clanky/1317-klimatickou-zmenu-pribrzdi-synteticke-uhli>.

⁵⁰⁷ Různé scénáře budoucnosti Země představuje H. J. Bucková ve své knize *After Geoengineering*. Podle ní bude rok 2050 zásadním bodem, situace bude kritická. Pro Buckovou nicméně záležitosti, na kterých skutečně záleží, nejsou čistě technologické. Jestli má lidstvo před sebou příznivou budoucnost, nebo dystopii, závisí podle ní na sociálních postojích a sociálních změnách. Právě nyní lidé žijí v éře rychlých řešení, ale společnost byla zvyklá pracovat s dlouhodobými plány a lidé mysleli dopředu. Dle slov autorky nyní potřebují proměnit své hodnotové žebříčky, aby mohlo znovu nastoupit rozvážné rozhodování a odpovědný přístup k životu a planetě.

⁵⁰⁸ Při rozprašování oxidu siřičitého by docházelo k reakci s atmosférickou vlhkostí a vznikly by aerosoly kyseliny sírové, které jsou schopné odrážet přichozí sluneční světlo. Další možnosti jsou rozprašování přímo kyseliny sírové či sirovodíku.

⁵⁰⁹ Dle <https://cs.wikipedia.org/wiki/Geoengineering>.

⁵¹⁰ Vstřícnější jsou k technologiím, které by mohly odnámat kyslíčník uhličitý z atmosféry. Ty už existují, otázkou zůstává jejich cena, a především zdroj energie. Už v 90. letech vyvinula Evropská kosmická agentura (ESA) za účelem „čištění vzduchu“ v raketoplánech a vesmírných stanicích technologii schopnou zachycovat a ukládat CO_2 . Švýcarská společnost Climeworks na základě této technologie na Islandu provozuje v rámci pilotního projektu jakýsi „pohlcovač“ kyslíčníku uhličitého, který k oddělení tohoto plynu ze vzduchu využívá odpadní teplo z geotermální elektrárny Hellisheiði. CO_2 pak ukládá do podzemních čedičových vrstev, kde se během několika let

o „divoce rostoucí“ obor, který chrlí nápady a výsledky různých výzkumů bez nezbytné koordinace. Místo vlád do něj investují nadace a mecenáši a v médiích se objevují zcela nerealistické návrhy vedle nápadů, který by si i podle erudovaných vědců zasloužily mezinárodní koordinovanou pozornost a podporu. Část vědecké obce se na druhou stranu bojí, aby se některé takové návrhy zcela nevymkly kontrole a nezpůsobily nakonec více škody než užitku. Klimatická změna je také jedním z důvodů, proč jsme dnes na prahu 6. vymírání druhů. Rozmanitost druhů na celém světě klesá nevídaným tempem. Celosvětová míra vymírání druhů je nyní 100krát vyšší než průměr za posledních 10 milionů let, reálné vyhnutí hrozí osmině druhů. Důvodem dnešního vymírání je lidská činnost – zhoršování klimatických podmínek, znečištění, úbytek přirozených stanovišť (v České republice zabírají pouze 0,3 % plochy jejího území) nebo šíření invazivních druhů.⁵¹¹

„změní“ v kámen. Tímto způsobem už údajně odstranili z atmosféry 50 tun CO². Problém ale zůstává v tom, že i tato technologie je energeticky náročná a vhodná třeba právě na Island, využívající přírodní geotermální energii. Dle <https://www.info.cz/svet/obri-zrcadla-zakryvani-ledovcu-cistice-vzduchu-zachrani-svet-odvazne-geoinzenyrstvi-44022.html>.

⁵¹¹ Dle <https://21stoleti.cz/2020/05/12/pavel-kindlmann-lidstvo-je-dalsi-kometa-likvidator-zivota/>.

Ve výše vypracované analýze byly vyjmenovány hlavní tendence ekonomického, technologického a společenského vývoje, jeho předpokládané dopady a doporučená opatření. Budoucnost se však nedá vždy předpovědět pouze podle trendů a prognóz.⁵¹² Dění ovlivňují i nenadálé události, které mají dalekosáhlý dopad. Nassim Nicholas Taleb, americký akademik a finanční analytik libanonského původu, popisuje takovou událost a její atributy jako „teorii černé labutě“: je nečekaná a málo pravděpodobná, má však mimořádný dopad na svět, a pokud se na událost dívá zpětně, je možno ji racionalizovat.⁵¹³ Za takovou událost lze považovat pandemii COVID-19,⁵¹⁴ která se z čínského města Wu-Chan rozšířila v prosinci roku 2019 během několika měsíců po celém světě a ovlivnila životy všech lidí, mnohým z nich dramaticky. Pomineme-li zdravotní stránku věci, pandemie má rozsáhlé společenské a ekonomické dopady. Vzhledem k tomu, že je stále v kritické fázi, jaké konečné důsledky bude mít a jak se s ní společnost a ekonomika (ať už globální či národní) vypořádá, lze nyní stále jen odhadovat. Někteří odborníci dokonce upozorňují, že v podstatě není možné předpovědět, jak bude ekonomika vypadat ani za šest měsíců.⁵¹⁵

Ekonomický výhled se na začátku roku 2020 změnil z měsíce na měsíc. Zatímco ještě v lednu se mluvilo o zpomalování ekonomik, stále však v konjunktuře, v únoru a zejména březnu došlo k radikální změně. Státy zavřely hranice a spolu s nimi i část hospodářství, realizovaly mimořádná opatření jako zavírání škol, institucí, obchodů, restaurací, rušení veřejných akcí. Je jasné, že pandemie v této míře bude mít dalekosáhlé následky a způsobí nebyvalé ekonomické ztráty. Státy schválily obrovské finanční stimuly a podporují ekonomiku v nebyvalé míře. Například bývalý prezident Donald Trump v březnu 2020 podepsal záchraný balíček peněz pro oživení ekonomiky v historické výši 2,2 biliony dolarů, Joe Biden pak v březnu 2021, pouhých sedm týdnů po svém jmenování do úřadu, prosadil další finanční pomoc ke zmírnění dopadů epidemie koronaviru ve výši 2 bilionu dolarů.⁵¹⁶ Velké objemy peněz uvolnila i Evropská unie, v programu Next Generation EU dala k dispozici 750 miliard euro. Tyto fondy budou doplňovat obvyklé strukturální fondy, peníze mají jít do zdravotnictví, na transformaci uhelných regionů, na zelené projekty, budování infrastruktury, na digitalizaci, podporu podnikání či na vzdělávání. EU si je vědoma, že ve snaze probudit ekonomiku EU bude klíčová role malých středních podniků. Ty představují 99 % veškerého byznysu Unie. Evropská komise a Evropský investiční fond proto pro ně už na začátku pandemie uvolnily financování ve výši 8 miliard euro, další miliarda jde z Evropského fondu pro strategické investice ve formě pobídek pro banky a další finanční subjekty - aby evropským malým a středním podnikům poskytly potřebnou likviditu. Z nového fondu obnovy EU na pomoc ekonomikám zasaženým koronavirovou krizí může Česká republika, kterou pandemie těžce zasáhla až koncem roku 2020, čerpat až 172 miliard korun. Mají být realizovány pomocí šesti oblastí reformu (infrastruktura a tzv. zelená transformace, digitalizace, vzdělávání a trh práce, vývoj a inovace, s podporou se počítá i na zdravotní prevenci), které stanovuje český Národní plán obnovy. Na rozdíl od ostatních strukturálních fondů bude 100 % hradit EU, není zde povinná spoluúčast. Celkem může Česká republika z dotačních programů EU získat v letech 2021 až 2027 rekordních bilion korun. Zmíněný Národní plán obnovy, který má nastartovat české hospodářství, však byl mnohými kritizován, že není využit jako nástroj pro podporu konkurenceschopnosti a odolnosti ekonomiky. Byla mu vyčítána zejména nízká podpora digitální transformace firem. Zástupci podnikatelské sféry proto žádali navýšení prostředků na digitální investice ve firmách a nastavení jednoduchých podmínek pro jejich získání. Vláda ještě po konzultaci s EU navýšila částku na téměř 191 miliard korun, podle zástupců profesních organizací a odborů má plán ale stále

⁵¹² Jak upozorňuje i kanadský vědec českého původu Václav Smil, viz Smil, V.: *Globální katastrofy a trendy. Příštích padesát let*, kniha Zlín, Praha 2017.

⁵¹³ Podle analogie existence černých labutí, o kterých obyvatelé Starého světa do objevení Austrálie, kde černé labutě žijí, nevěděli. Dle Taleb, N. N.: *Černá labuť: Následky vysoce nepravděpodobných událostí*, Paseka, Praha 2011.

⁵¹⁴ Z anglického spojení *coronavirus disease 2019* (koronavirové onemocnění 2019).

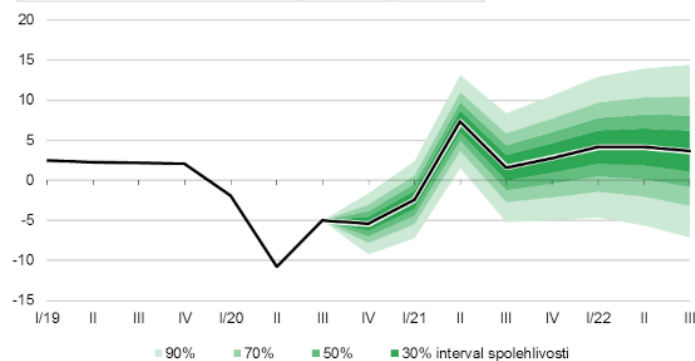
⁵¹⁵ Dle <https://www.thenewstribune.com/news/business/biz-columns-blogs/article243776042.html>.

⁵¹⁶ Viz https://www.irozhlas.cz/ekonomika/joe-biden-usa-balicek-koronavirus-opatren-na-zmirneni-koronavirove-krize_2103102155_dok.

nedostatky. Evropská komise bude jednotlivé národní plány posuzovat v květnu a červnu letošního roku a následně je bude během srpna schvalovat Rada EU.⁵¹⁷ Česká vláda schválila v reakci na pandemii několik dotačních programů: COVID 2021, Antivirus A, B, Plus, Covid Kultura, Kompenzační bonus, AgriCOVID Potravinářství, Ošetřovné pro OSVČ, úvěrové programy COVID pro podporu udržení zaměstnanosti, program COVID+ pro velké podniky a další. Přesto už mnoho lidí a firem má finanční problémy nebo zkrachovalo. Mezi nejrizikovější oblasti patří turistický ruch, letecké společnosti, cestovní kanceláře, ubytovací zařízení, restaurace. Dopad na národní ekonomiku je citelný už nyní. Celkový propad HDP ČR je za rok 2020 odhadován na 5,6 %, což je méně, než byly původní odhady na jaře, kdy byla ekonomika zmrazena a vyhlídky byly pesimistické – ve 2. čtvrtletí 2020 meziročně HDP kleslo o 11 %, což byl nejhorší výsledek v historii České republiky. Podle ČSÚ byl pokles způsobený převážně poklesem poptávek ze zahraničí a došlo k němu ve všech odvětvích ekonomiky. Ve 3. a 4. čtvrtletí 2020 HDP meziročně kleslo o 5 %. Česká ekonomika se tak v loňském roce propadla podobně jako německá. ČNB zveřejnila začátkem února 2021 novou prognózu vývoje českého hospodářství – pro rok 2021 růst HDP ve výši 2,2 %.

Hrubý domácí produkt

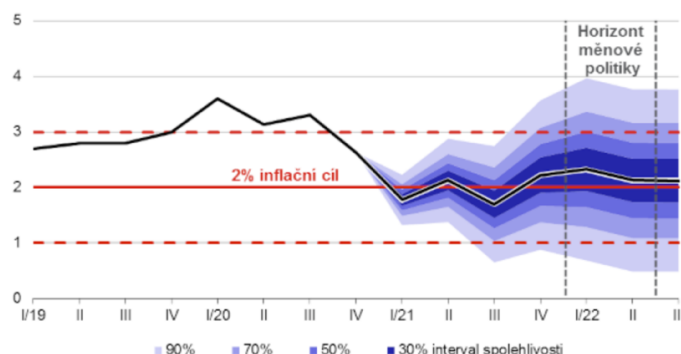
ukazatel	rok	ve výši
meziroční růst reálného HDP	2020	-5,8 %
	2021	2,2 %
	2022	3,8 %



Celková inflace

na horizontu měnové politiky

ukazatel	horizont	ve výši
meziroční celková inflace	1. čtvrtletí 2022	2,3 %
	2. čtvrtletí 2022	2,1 %



Zdroj: ČNB

⁵¹⁷ Dle <https://euractiv.cz/section/cr-v-evropske-unii/news/kritika-narodniho-planu-obnovy-pretrvava-vyhovet-vsem-neni-mozne-rika-vicepremier-havlicek/>, <https://euractiv.cz/section/cr-v-evropske-unii/news/kritika-narodniho-planu-obnovy-pretrvava-vyhovet-vsem-neni-mozne-rika-vicepremier-havlicek/>, <https://www.seznamzpravy.cz/clanek/cesko-setri-na-nejhorsim-miste-varuji-prumyslcnici-kvuli-penezum-z-eu-142576>.

MMF ve své březnové prognóze odhaduje globální růst v roce 2021 na 6 %, v roce 2022 předpokládá globální růst 4,4 %. Celkově by to v roce 2021 ponechalo HDP přibližně na 6 %. Výhled letošního roku je optimističtější než odhad z října 2020.⁵¹⁸ Ekonomická prognóza Evropské komise z února 2021⁵¹⁹ předpokládá, že HDP EU v roce 2021 poroste o 3,7 % a v roce 2022 o 3,9 %. Ekonomika EU by dosáhla předkrizové úrovně produkce dříve, než se předpokládalo v podzimní prognóze, a to především díky silnější dynamice ve druhé polovině roku 2021 a v roce 2022. Rychlost oživení se však bude výrazně lišit, některé země utrpěly během pandemie více než jiné, některé jsou silně závislé na odvětvích, jako je cestovní ruch. Výsledkem je, že zatímco se u některých členských států očekává návrat ekonomického výkonu na předpandemickou úroveň do konce roku 2021 nebo počátkem roku 2022, u jiných se předpokládá, že to bude trvat déle.

Overview - the winter 2021 interim forecast

	Real GDP growth						Inflation					
	Winter 2021 interim forecast			Autumn 2020 forecast			Winter 2021 interim forecast			Autumn 2020 forecast		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Euro area	-6.8	3.8	3.8	-7.8	4.2	3.0	0.3	1.4	1.3	0.3	1.1	1.3
EU	-6.3	3.7	3.9	-7.4	4.1	3.0	0.7	1.5	1.5	0.7	1.3	1.5

International environment

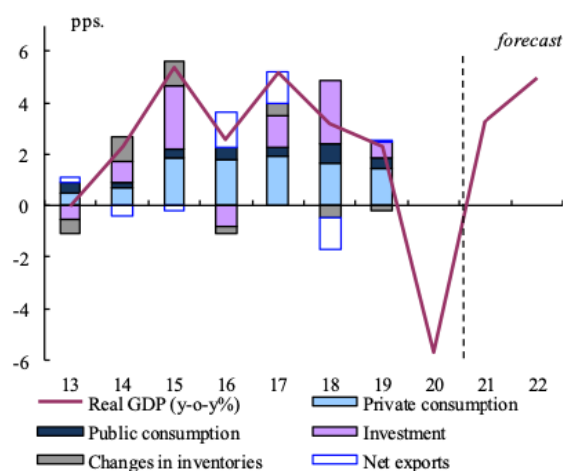
(Annual percentage change)

				Winter 2021 interim forecast			Autumn 2020 forecast		
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Real GDP growth									
World (excl.EU)	3.9	3.7	3.0	-3.4	5.2	3.8	-3.8	4.7	3.7
Trade volumes									
World (excl.EU) exports of goods and services	5.2	3.8	0.2	-9.1	6.5	4.6	-10.5	6.0	4.4
World (excl.EU) imports of goods and services	5.9	4.2	-0.5	-9.4	7.5	4.9	-10.3	6.3	4.1

Zdroj: EU

V kapitole věnované České republice se konstatuje, že od jara 2021 by se ekonomika měla postupně zotavovat, dopad na služby, jako je pohostinství, cestovní ruch a doprava, však bude trvat déle. V roce 2021 se očekává růst HDP o 3,2 %, v roce 2022 pak o 5 %. Podle studie hlavním motorem pohybu HDP pravděpodobně zůstane soukromá spotřeba, a to i přes pomalejší růst mezd a důchodů. Pokračující narušování dodavatelského řetězce způsobí, že růst investic bude v roce 2021 pomalejší. Obchodní bilance bude pravděpodobně v letech 2021 i 2022 mírně pozitivní, což odráží i pokračující oživení klíčových obchodních partnerů v České republice.

Graph 2.21: Czechia - Real GDP growth and contributions



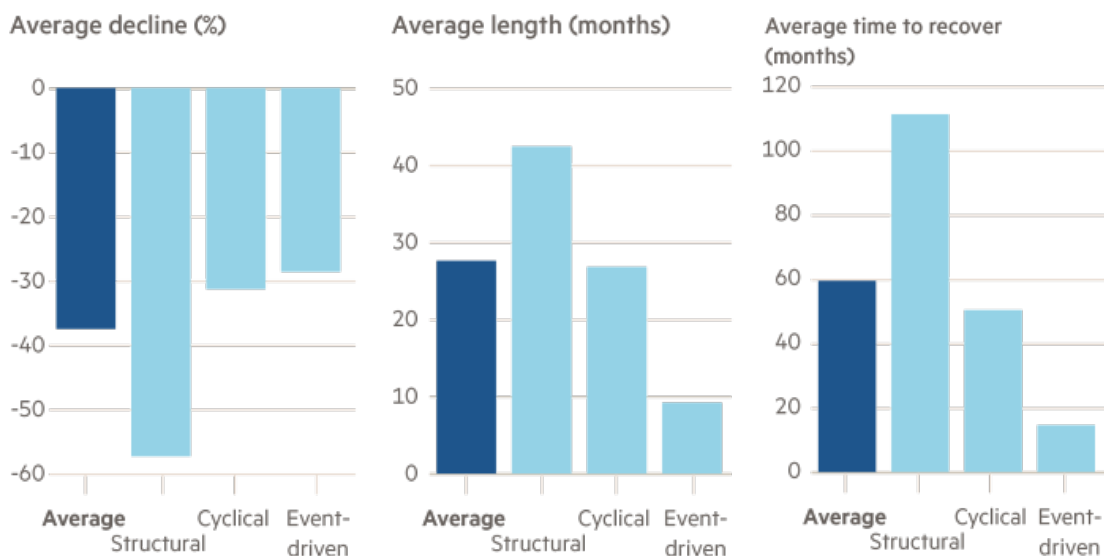
Zdroj: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/economy-finance/ip144_en_1.pdf

⁵¹⁸ [World Economic Outlook Update](#), IMF, duben 2021

⁵¹⁹ [European Economic Forecast, Winter 2021 \(Interim\)](#), Evropská komise, únor 2021

I přes negativní bilanci jsou tak ekonomové v predikci dalšího vývoje hospodářské situace v dlouhodobém horizontu většinou poměrně optimističtí. Krize vyvolaná vnějšími faktory se podle nich překonává lépe než krize zaviněná „zevnitř“ ekonomiky.

US bear markets and recoveries since the 1800s



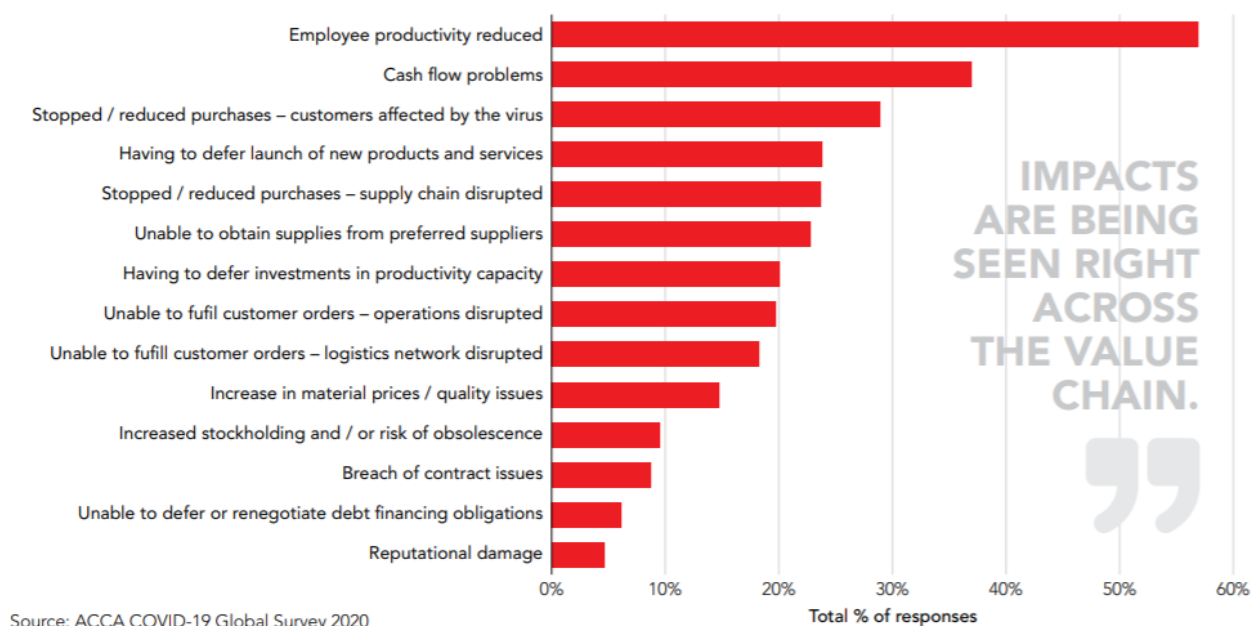
Source: Goldman Sachs Global Investment Research
© FT

Graf výše zároveň ukazuje, že délka takové krize bývá necelých 10 měsíců (ukázáno na příkladu USA). Aby se ceny (například akcií) dostaly zpět na původní ceny před krizí, která byla způsobena vnějšími okolnostmi, je třeba 15-20 měsíců. Je však třeba dodat, že ani po více než roce není pandemie Covid-19 u konce a nikdo neví s jistotou, jak se bude pandemická situace dále vyvíjet. Proto je třeba brát statistická data s rezervou.

Mnoho investorů cítí, že jsou nyní příležitosti na nákup akcií či jiných finančních aktiv a možnosti, jak zhodnotit peníze. I v obtížných obdobích lze nalézt příležitosti, období krizí jsou například typická pro nová partnerství (v minulosti Sequoia + Cisco či Google + PayPal). V poslední finanční krizi dokonce vznikaly nové společnosti jako je AirBnB či Square. Obecně lze říci, že firmy by se měly nové situaci co nejrychleji přizpůsobit. Platí zde darwinovské „ti, kdo přežijí, nejsou nejsilnější ani nejinteligentnější, ale nejprizpůsobivější.“ Společnost Sequoia doporučuje, aby se podnikatelé zamysleli nad všemi možnými aspekty a položili si otázky ohledně hotovosti, možnosti snížení výdajů, získávání finančních prostředků, možnosti využít situaci ve svůj prospěch apod.⁵²⁰ Podle studie [ACCA Covid-19 global survey: inside business, impacts and responses](#) z dubna roku 2020 jsou krizí nejvíce ohroženy malé a střední firmy a veřejný sektor – 40 % malých a středních firem ani nemá vypracovaný plán pro zajištění kontinuity provozu. Velký propad mezipoletního obrátu očekávalo 85 % firem do 200 zaměstnanců a 86 % předpokládalo i výraznou ztrátu. Se strmým pádem efektivit práce se podle studie ve světě potýká 69 % státních a veřejných institucí, 59 % neziskových organizací, 55 % firem a finančních institucí a 50 % akademické sféry. Snížená poptávka po zboží a službách, problémy s cash-flow a narušení dodavatelských řetězců ale nejvíce dopadá na menší a střední firmy.

⁵²⁰ Podrobněji viz <https://medium.com/sequoia-capital/coronavirus-the-black-swan-of-2020-7c72bdeb9753>

FIGURE 1.1: Business impacts faced owing to the outbreak of COVID-19



Na otázku, zda po vypuknutí pandemie jednotlivé organizace přepracovaly finanční výhledy pro rok 2020, odpovědělo pozitivně 55 % podniků a pouze 35 % veřejných a 47 % akademických institucí. Aktualizované finanční výhledy jsou přitom velice důležitým nástrojem ke zvládnutí dopadů krize a k co nejrychlejšímu zotavení organizace. Znalosti a erudice účetních a specialistů zodpovědných za finanční procesy zde hraje podle odborníků naprosto klíčovou roli. ACCA zároveň pro organizace připravila deset konkrétních doporučení, které jim umožní efektivně reagovat na vzniklou situaci. Jsou rozdělena do tří skupin: „Act, Analyse, Anticipate“ (konat, analyzovat a předvídat), a pokrývají široké spektrum aktivit, které jim pomohou správně plánovat zotavení i budoucí strategie: například postavit zaměstnance na první místo, akceptovat krátkodobější cíle, rozpoznat potřeby zákazníků, hlídat si cashflow a likviditu, hledat příležitosti k inovacím, revidovat strategii a další.

Společnost Gartner upozorňuje, že COVID-19 drasticky urychlil trendy v technologii digitálních pracovišť a že je potřeba zlepšit digitální odolnost pracovní síly během a po pandemii. Analytici určili šest hlavních trendů.⁵²¹

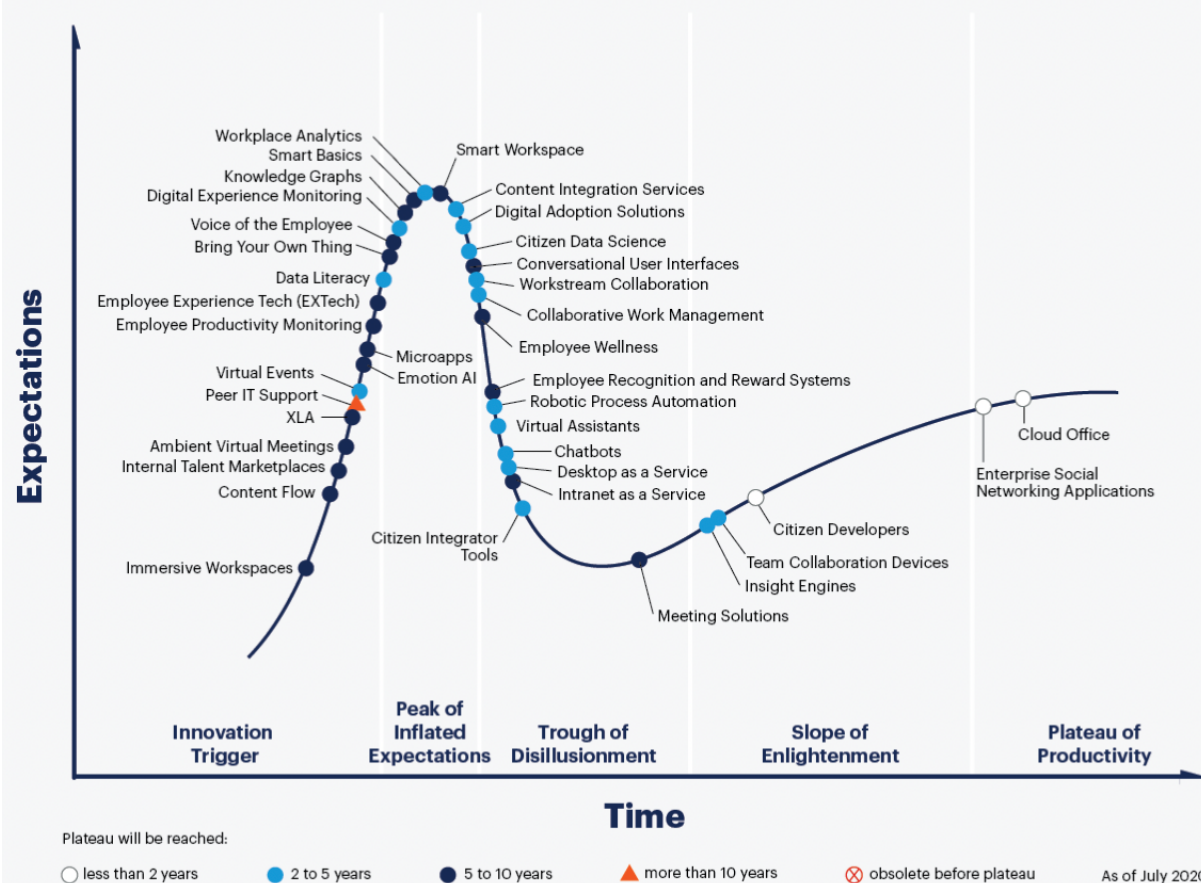
1. Nové pracovní jádro („new work nucleus“) – odkazuje na SaaS založené nástroje (včetně nástrojů na komunikaci, spolupráci a produktivitu), integrované do jednoho cloudového kancelářského produktu. Obvykle zahrnuje e-mail, messenger, sdílení souborů, konference, správu a úpravy dokumentů, vyhledávání a spolupráci.
2. Přinést si vlastní věc („bring your own thing“) – pracovníci začínají používat osobní zařízení internetu věcí nebo nositelná zařízení, a to v trendu známém jako „přinést si vlastní věc“ (BYOT). BYOT zahrnuje širokou škálu objektů, jako jsou fitness pásky, inteligentní světla, vzduchové filtry, hlasoví asistenti, inteligentní sluchátka, sluchátka pro virtuální realitu a další. V budoucnu bude zahrnovat vysoce sofistikovaná zařízení, jako jsou roboty a drony.
3. Ekonomika na dálku („distance economy“) – pandemie ovlivnila vznik ekonomiky na dálku a obchodních aktivit, které se nespolehají na osobní kontakt. Organizace rychle přešly na virtuální alternativy. S tím, jak se interní schůzky, interakce s klienty, přijímací pohovory a řada dalších obchodních aktivit staly virtuálními, ekonomika na dálku dala vzniknout novým řešením schůzek, které se snaží více napodobit osobní setkání.
4. Inteligentní pracovní prostory („smart workspaces“) – inteligentní pracovní prostor využívá rostoucí digitalizaci fyzických objektů, přináší nové způsoby práce a zvyšuje efektivitu pracovní síly. Mezi příklady technologií inteligentního pracovního prostředí patří IoT, digitální značení,

⁵²¹ Dle <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/6-trends-on-the-gartner-hype-cycle-for-the-digital-workplace-2020/>.

integrované systémy správy pracoviště, virtuální pracovní prostory, snímače pohybu a rozpoznávání obličeje.

5. Desktop jako služba („desktop-as-a-service“ – DaaS) – poskytuje uživatelům virtuální desktop na vyžádání ze vzdáleného umístění.
6. Demokratické technologické služby („democratized technology services“) - technologické služby budoucnosti budou sestavovány lidmi, kteří je skutečně používají. Několik příkladů demokratizovaných technologických služeb:
 - občanští vývojáři („citizen developers“) nebo zaměstnanci, kteří vytvářejí nové aplikace pomocí vývojových nástrojů schválených podnikovým IT
 - občanské integrační nástroje („citizen integrator tools“), které umožňují zkušeným zaměstnancům s minimálními znalostmi IT zvládnout relativně jednoduché úkoly, například integrovat aplikace, data a procesy pomocí velmi intuitivních vývojových prostředí bez kódu
 - občanská datová věda („citizen data science“), rozvíjí se sada funkcí, které uživatelům umožňují získávat z dat pokročilé analytické poznatky bez odborných znalostí v oblasti datových věd.

Hype Cycle for the Digital Workplace, 2020



gartner.com/SmarterWithGartner

Source: Gartner
© 2020 Gartner, Inc. and/or its affiliates. All rights reserved. Gartner and Hype Cycle are registered trademarks of Gartner, Inc. and its affiliates in the U.S.

Gartner

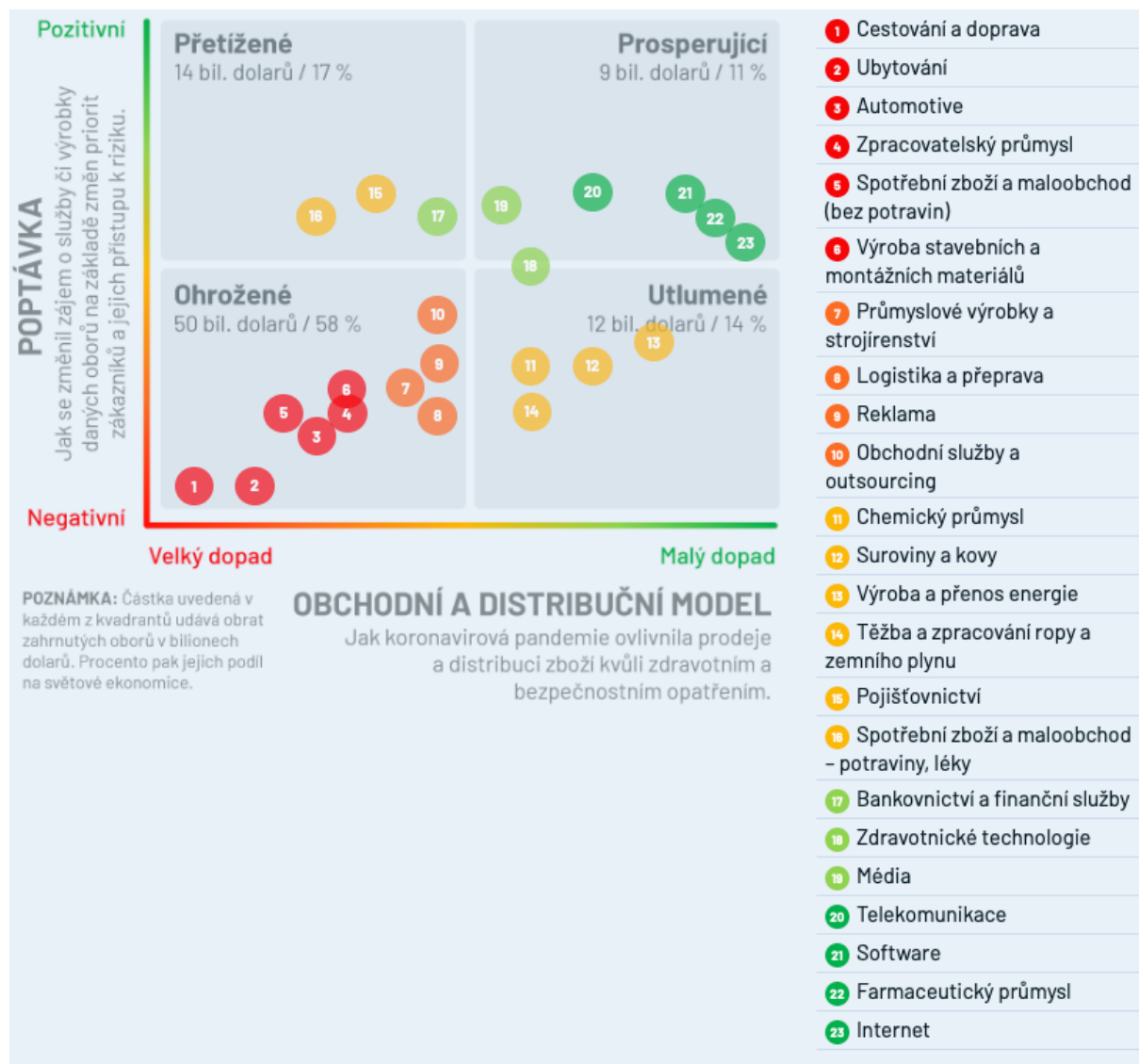
Jakkoliv je digitalizace v dnešní době důležitá, společnosti by se měly podle odborníků z Gartneru vyvarovat možných chyb, kterých se mohou dopustit z přílišné horlivosti či neznalosti.⁵²² Dále podle nich bude mít v dlouhodobém horizontu pandemie značný dopad na povahu práce jako takovou a vysledovali devět hlavních trendů:

1. Nárůst vzdálené práce – její nedávný průzkum ukázal, že 48 % zaměstnanců bude pravděpodobně pracovat vzdáleně alespoň částečně (oproti 30 % před pandemií).
2. Monitorování zaměstnanců – analýza ukazuje, že 16 % zaměstnavatelů používá technologie ke sledování svých zaměstnanců (sledování využití pracovního počítače, odchodů a příchodů, emailů či interní komunikace, chatu), tento trend bude ještě urychlen novými nástroji pro monitoring vzdálených přístupů a shromažďováním dat o zdraví a bezpečnosti. Některé společnosti sledují produktivitu, jiné angažovanost a „well-being“ zaměstnanců, aby jim lépe porozuměly.
3. Nárůst smluvních pracovníků – aby si zaměstnavatelé udržely větší flexibilitu, budou zavádět nové pracovní modely, které zažily už během pandemie: sdílení talentů, práce na částečný úvazek, práce na dohodu aj. Výzkum Gartneru ukázal, že 32 % organizací nyní nahrazuje zaměstnance na plný úvazek smluvními jako opatření k úspoře nákladů.
4. Rozšíření role zaměstnavatele jako sociální záchrané sítě – pandemie zvýšila trend, kdy zaměstnavatelé hrají stále větší roli ve finanční, fyzické a duševní pohodě svých zaměstnanců. Podpora zahrnuje podporu v pracovní neschopnosti, finanční pomoc, upravenou pracovní dobu a možnost péči o dítě.
5. Posílení důrazu na dovednosti, ústup rolí – před koronavirovou epidemií byly za kritické role považovány ty, které organizace potřebovala ke splnění svých strategických cílů. Zaměstnavatelé si nyní uvědomují, že existuje další kategorie kritických rolí – ty, které jsou zásadní pro úspěch základních workflow. Organizace by se měly méně zaměřit na role a více na dovednosti, které jsou potřebné k získání konkurenční výhody. Měli by podporovat zaměstnance, aby rozvíjeli své dovednosti a nezaměřovali se pouze na přípravu na případný další konkrétní post.
6. (De)humanizace zaměstnanců – zatímco některé organizace upřednostňovaly blahobyt zaměstnanců jako lidí před zaměstnanci jako pracovníky, jiné přiměly zaměstnance, aby pracovali ve vysoce rizikových podmínkách s malou podporou. Organizace by měly ale pamatovat na dlouhodobé dopady, řešit nerovnosti a vytvářet inkluzivní prostředí.
7. Vznik nových špičkových zaměstnavatelů – již před COVID-19 organizace čelily zvýšeným požadavkům zaměstnanců na transparentnost. Zaměstnanci a potenciální kandidáti budou organizace hodnotit podle toho, jak zacházely se zaměstnanci během pandemie. Doporučuje se, aby finanční dopady absorbovali vedoucí pracovníci, kteří by měli rozvážit rozhodnutí týkající se snižování mezd. Progresivní organizace komunikují otevřeně a často, aby ukázaly, že podporují zaměstnance navzdory implementaci úsporných opatření a hledají příležitosti k partnerství pro sdílení talentů s jinými organizacemi.
8. Přejít od plánování efektivity k plánování odolnosti – průzkum společnosti Gartner z roku 2019 zjistil, že 55 % redesignů organizace bylo zaměřeno na zefektivnění rolí, dodavatelských řetězců a workflow za účelem zvýšení efektivity. Tento přístup však zvyšuje křehkost firem, protože tyto systémy neumějí reagovat na případné výpadky. Organizace by se měly stát flexibilními a dokázat dobře reagovat, měly by zaměstnancům poskytnout různé adaptivní a flexibilní role, aby získali multifunkční znalosti.
9. Nárůst organizační složitosti – po globální finanční krizi se tempo globálních fúzí a akvizic zrychlilo a mnoho společností bylo zestátněno. Jak bude pandemie ustupovat, dojde k podobnému zrychlení fúzí, akvizic a zestátnění společností. Společnosti se zaměří na geografickou diverzifikaci a investice na sekundárních trzích s cílem zmírnit a řídit rizika. Tento nárůst složitosti správy organizace bude výzvou pro vedoucí pracovníky. Vedení by mělo dovolit organizačním

⁵²² Podrobněji viz https://www.gartner.com/smarterwithgartner/avoid-these-9-corporate-digital-business-transformation-mistakes/?utm_campaign=EVT_GB_2020_GTR_C_NL4_GBS&utm_medium=email&utm_source=Eloqua&cm_mmc=Eloqua_-Email_-LM_EVT_GB_2020_GTR_C_NL4_GBS_-0000.

jednotkám přizpůsobit svůj performance management, protože to, co jedna část podniku potřebuje, nemusí fungovat jinde. Vzhledem k tomu, že organizační složitost komplikuje kariérní postup, je třeba poskytnout možnost rekvalifikace a podporu kariérního rozvoje například rozvíjením zdrojů a budováním platforem pro zviditelnění interních pozic.

Poradenská společnost Simon-Kucher sestavila v červenci 2020 semafor odvětví, který reflektuje dopady pandemie na obory globální ekonomiky. Autoři určili čtyři kvadranty, do kterých podniky zařadili a které definují jejich pozici v "postkorona světě": prosperující, přetížené, utlumené a ohrožené. Každý obor obdržel od poradenské firmy určité skóre podle toho, jak se změnila poptávka po jeho výrobcích či službách a jak bezpečnostní důsledky pandemie ovlivnily prodeje a distribuci jejich zboží. Na základě skóre vyhodnotili umístění každého oboru a dospěli k tomu, že 58 % světové ekonomiky je kvůli pandemii v ohrožení.

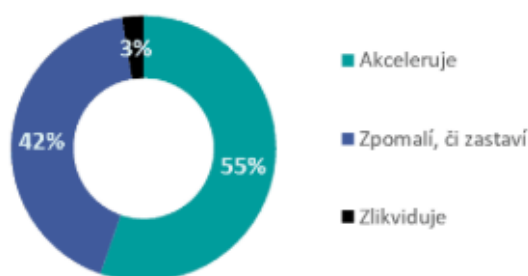


Zdroj: https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/obory-ovlivnene-koronavirem/r~d893ed6ae14a11ea9d470cc47ab5f122/?utm_source=centrumHP&utm_medium=dynamicleadbox&utm_content=ATBA2&utm_term=position-3&utm_campaign=Aktualne

Česká republika nevychází z těchto dat optimisticky, dolů ji táhne přílišná závislost na ohroženém automobilovém průmyslu a na zahraniční poptávce ve formě subdodávek, kde jsou nízké marže. Podle expertů by se měla orientovat na rozvoj technologického sektoru a digitální sféru a měla by investovat do nových odvětví, která pravděpodobně zaznamenají silný růst. Úspěšně vyjdou z krize ty firmy, které se dokáží přizpůsobit novým podmínkám a hledat oblasti, ve kterých při nich mohou vynikat. Česká republika podle studie společnosti Simon-Kucher „zaspala“, měla by se to pokusit změnit a vývoj zvrátit.

V diskusi na [Anti-Panic Conference](#) v dubnu 2020 se ještě většina představitelů české byznysové komunity vyjádřila, že pandemie bude spíše rozvoj českého průmyslu akcelarovat, zejména směrem k robotizaci a digitalizaci.

Myslíte si, že šok, který zažívá tradiční český průmysl jeho vývoj ve většině...?



Zdroj: <https://digibiz.cz/pandemicka-krize-akceleruje-rozvoj-ceskeho-prumyslu-shodly-se-spicky-byznysu/>

Jan Švejnar, člen Národní ekonomické rady vlády (NERV) a ekonomického poradního týmu krizového štábu, doporučuje, aby se kromě analýz, jak zabránit drtivému propadu ekonomiky, využila situace a Česká republika se dostala po krizi do světové hospodářské špičky. Vidí ji jako šanci, jak nastartovat ekonomiku, která by byla výkonná. Bylo by však nutné podniknout mnoho kroků: provést zásadní daňovou reformu, silné investice do infrastruktury, zefektivnit státní správu a právní systém a vytvořit podmínky pro digitální ekonomiku založenou na velmi kvalitním vzdělávání, vědě a výzkumu.⁵²³ Všichni odborníci se shodují, že jednou ze základních podmínek ekonomického restartu je podpora lokální ekonomiky a českých firem.

Dopad COVID-19 bude silně záviset na tom, jak dlouho potrvá pandemie. Kratší časový rámec znamená, že se lidé rychleji vrátí k předpandemickým způsobům fungování – například po 11. září se lidé vrátili k normálnímu chování, co se týká létání, za tři roky. Pokud pandemie bude přetrvávat dlouho, je pravděpodobné, že bude mít dlouhodobé hospodářské i společenské následky. Dalekosáhlé ovlivní společenské chování, jako jsou normy osobní hygieny a osobního prostoru, společenské akce a rodinné interakce, poměr úspor či zvyky spotřebitelů při nákupu. Velká hospodářská krize například ovlivňovala stravovací návyky po celá desetiletí. To, co nejvíce charakterizuje současnou situaci, je nejistota. Nikdo neví, jak dlouho bude pandemie trvat a jaký bude její další vývoj, zda bude proočkování většiny populace dostatečným opatřením či nikoliv. Virus stále mutuje a šíří se po celém světě, kriticky postižené regiony se přelévají v závislosti na geografické poloze. Nemožnost predikovat budoucnost tak vyvolává rozporuplná hodnocení a pohledy. Ekonomové a business lídři jsou ve svých hodnoceních často optimističtí, tvrdí, že „ekonomika všechno zvládne“ a společnost i firmy se technologicky vyvinou.⁵²⁴ Na druhou stranu nelze zavírat oči před varováním světových organizací.⁵²⁵ Přes možné pozitivní aspekty pandemie faktem zůstává, že mnoho lidí na celém světě se ocitne ve špatné, mnohdy kritické ekonomické situaci. Nepříznivý dopad je obzvláště tíživý pro domácnosti s nízkými příjmy, což ohrožuje významný pokrok dosažený od 90. let 20. století při snižování extrémní chudoby ve světě. Podle studie Světového institutu pro výzkum v rozvojové ekonomii (UNU-WIDER) by půl miliardy lidí mohlo skončit v chudobě.⁵²⁶ Generální tajemník OSN António Guterres ve svém

⁵²³ Viz <https://www.e15.cz/koronahelpdesk-e15/dopad-epidemie-na-ekonomiku-je-az-sokujici-rika-ekonom-jan-svejnar-1369069>.

⁵²⁴ Viz Tomáš Sedláček ve svém vystoupení v DTV, <https://video.aktualne.cz/dtv/sedlacek-jde-o-kejhak-pad-neme-hluboko-ale-prezije-to-jako/r~c19f59bc6bb811ea9c800cc47ab5f122/>.

⁵²⁵ Zajímavé zamyšlení nad rolí národních států versus globálních institucí i rolí vědy podávají politologové O. Krpec a R. Chytilík, viz <https://ct24.ceskatelevize.cz/specialy/koronavirus/3136742-blog-koronavirus-jako-navrat-k-narodnimu-statu-krize-je-soubojem-mezi>.

⁵²⁶ WIDER Working Paper 2020/43. *Estimates of the impact of COVID-19 on global poverty* – Sumner, A., Hoy, Ch., Ortiz-Juarez, E., United Nations University, UNU-WIDER, <https://www.wider.unu.edu/publication/estimates-impact-covid-19-global-poverty>. Simulace dopadu epidemie na české prostředí viz Mysíková, M., Fialová, K.: *Jak může pandemie koronaviru ovlivnit chudobu v Česku? Simulace dopadů na míru příjmové chudoby*,

prohlášení uvedl, že virus zdůraznil nerovnosti všeho druhu, ohrožuje zdraví těch nejzranitelnějších a jeho sociální a ekonomické dopady jsou nejsilnější u těch, kteří jsou nejméně schopní se mu bránit. Považuje ho ale zároveň za obrovskou příležitost pro vybudování rovnoprávnějšího a udržitelnějšího světa, který by stál na dvou premisách: uzavření Nové společenské smlouvy a Nového globálního údělu. Vzdělání a digitální technologie se mají stát hybným mechanismem, který umožní lidem učit se, adaptovat se a získávat nové dovednosti potřebné pro znalostní ekonomiku. Umožní se tak, aby se svět dostal zpět na trajektorii plnění Pařížské dohody a dosáhl Cílů udržitelného rozvoje.⁵²⁷ Zatím to však vypadá, že nejbohatší lidé světa dál závratně bohatnou a nejchudší chudnou, stejně jako tomu bylo při ekonomické recesi v roce 2008. Pandemie rozevívá ekonomické nůžky stále více. Šéf Amazonu Jeff Bezos je prvním člověkem na světě, jehož jmění v srpnu překonalo hranici 200 miliard dolarů (4,4 bilionu Kč).⁵²⁸ Na politické scéně i mezi samotnými miliardáři tak už sílí hlasy pro zavedení daně, kterou by nejbohatší platili, aby podpořili hospodářství hluboce postižené pandemií.⁵²⁹

Rok 2020 byl vlivem koronavirové pandemie z hlediska technologického pokroku přelomový. Lidstvo udělalo velký krok dopředu. Proběhla překotná digitalizace služeb a obchodu, nákupy se přesunuly do online světa a nuceně se zdigitalizovala také populace, od dětí v mateřských školách až po seniory. I když lze vnímat některé dopady pandemie pozitivně, výrazně převažují dopady negativní. Kromě výše popsaných ekonomických dopadů má epidemie zejména důsledkem vládních lockdownů velmi výrazné dopady sociální a zdravotní. Prokázaný nárůst pesimismu ovlivňuje fyzické zdraví, očekává se proto nárůst nemocnosti, například počet nádorových onemocnění, či sebevražd. Následky na duševní zdraví lidí budou dlouhodobé, odborníci se shodují, že se psychické problémy budou projevovat ještě dlouho po odeznění pandemie. Psychické obtíže pociťují nejen senioři, ale i zdravotníci, lidé ve středním věku, z nízkopříjmových skupin či děti a dospívající.⁵³⁰ Podle odborníků může koronavirus způsobit trvalé následky na lidském zdraví. I když lidé prodělají lehkou infekci, mohou se u nich s odstupem týdnů či měsíců objevit některé potíže, jako jsou imunitní a zánětlivé reakce. Někteří lidé mají také problémy se spaním, koronavirus může způsobit i „mozkovou mlhu“, kdy mohou lidé pociťovat otupělost či špatné soustředění. Odborníci očekávají, že bude přibývat i demencí. Nařízený lockdown vede v rodinách k ponorkové nemoci, zvýšení domácího násilí, narůstá domácí pití alkoholu. I důsledky dlouhodobého uzavření škol jsou nedozírné. Zbývá zmínit dopady na životní prostředí, které jsou jak pozitivní, tak negativní. Výrazně se zvýšil objem zdravotnického odpadu a spotřeba plastů, omezením výroby a letecké dopravy se však zlepšila jak kvalita ovzduší, zejména v nejvíce znečištěných metropolích, tak vody. Díky pandemii také ubylo turismu, důsledkem čehož došlo k částečné obnově ekosystémů. I přesto však ekologové varují, že k žádné dlouhodobé změně nedochází a klimatická změna je stále největší hrozbou pro lidstvo. Její zvládnutí tak bude podle odborníků důležitější a náročnější než zvládnutí epidemie koronaviru.⁵³¹

<https://www.soc.cas.cz/aktualita/jak-muze-pandemie-koronaviru-ovlivnit-chudobu-v-cesku-simulace-dopadu-na-miru-prijmove>. O chudobě v ČR také podrobněji viz <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/chude-cesko-21/r~91669aec713111eb9caf1f6b220ee8/>.

⁵²⁷ Viz <https://www.osn.cz/pandemie-nerovnosti-vyzaduje-novou-socialni-smlouvu-pro-cely-svet/>

⁵²⁸ Dle https://www.idnes.cz/ekonomika/zahranicni/amazon-bezos-rekord-akcie-majetek.A200828_110319_eko-zahranicni_mato?zdroj=kolotoc_idos.

⁵²⁹ Seznam signatářů viz <https://www.millionairesforhumanity.com/>.

⁵³⁰ Viz <https://www.youtube.com/watch?v=y5iJGBcmmCg&t=1s>.

⁵³¹ Dle https://issuu.com/ekontech.cz/docs/ekontech_52_nor2021_web/s/11779769.