

Virtuální a rozšířená realita: Výzkumné a inovační kapacity v Česku

Co je virtuální realita

Virtuální realita (*virtual reality*) znamená vytvářet umělý svět nebo jeho dojem prostřednictvím simulace, a zprostředkovat zážitek ponoření se (*immersion*) do takového umělého světa vytvářením odezvy pro naše smysly, „jako by se jednalo o skutečnost“. Pro ponoření se do virtuální reality se používají náhlavní soupravy pro simulaci zrakových a sluchových vjemů a k tomu hmatová ovládací zařízení na ruce; ve virtuální realitě jsou vjemy z venkovního světa blokovány. **Rozšířená realita** (*augmented reality*, též *extended reality* nebo i *mixed reality*, smíšená realita) znamená propojovat náš žitý materiální svět s vrstvou informací, zprostředkovaných překryvem digitálních dat. Rozšířená realita tak může obohacovat běžný zážitek z materiálního světa o nové informace, překrývat naše zorné pole novými vizuálními obrazy, prostě vkládat digitálně vytvářený obsah mezi naše smysly a fyzickou realitu. Pro zobrazení rozšířené reality se používají obrazovky mobilních telefonů či tabletů, speciální brýle či náhlavní soupravy, které jsou průhledné a do kterých je promítán dodatečný obraz, ale v některých případech postačí i projekce doplňujících dat na povrchy pevných objektů.

Koncept virtuální reality jako digitální simulace světa se objevuje už ve sci-fi literatuře. A první prototypy brýlí nebo rukavic pro 3D virtuální realitu byly vytvořeny již v 60. letech 20. století (viz např. Dixon 2006). Ovšem cesta ke skutečnému uplatnění technologie se otvírá až s miniaturizací počítačů, rychlými bezdrátovými technologiemi, pokrokem v zobrazovacích technikách a s dalším technologickým rozvojem, který významně zvýšil dostupnost zařízení pro virtuální i rozšířenou realitu, včetně zařízení dostupných pro spotřebitele nebo integrace technologie do výbavy mobilních telefonů. Ačkoli za poslední desetiletí se objevují četné pokusy využívat virtuální i rozšířenou realitu (dále používáme zkratku VR/AR) jako pomocný nástroj v široké paletě lidských činností (lékařství, robotika, stavebnictví, turismus, vzdělávání, zábava, marketing, vojenství a další), jedná se stále o velmi novou technologii, u které zůstává poměrně dost otevřená, v jakých uplatněních se prosadí trvaleji a masově. Zároveň i pojmy virtuální reality nebo rozšířené reality nejsou tak pevně vymezené a ohraničené, jak by se mohlo zdát (např. Flavián a kol. 2019), a naše chápání těchto technologií se vyvíjí.

Budoucnost ukáže, kde se užívání nástrojů VR/AR osvědčí. V současnosti vypadá slibně využití v medicíně, konkrétně při laparoskopii, rehabilitaci, neurochirurgii nebo v terapiích (Cipresso a kol. 2018) nebo v přesném strojírenství a robotice pro účely jako posouzení vzhledu a estetických kvalit, ergonomiky, metod balení, vizualizace dat a podobně (Berg a Vance 2016). V poslední zprávě Evropské komise ke stavu pokročilých technologií v průmyslu je uvedeno, že technologie

VR/AR v roce 2020 využívalo 12 % oslovených firem a zhruba stejný počet firem plánoval využití během roku 2021. Přitom se jednalo převážně o největší firmy, a to zejména v oblasti zdravotnictví a v oblasti médií a telekomunikací (European Commission 2021).

V českém prostředí se technologie VR/AR začínají uplatňovat ve velkých firmách (v robotizaci, designu, stavitelství, marketingu, vzdělávání a dalších). Objevuje se ale i množství menších start-upů zaměřených přímo na rozvoj technologií VR/AR a jejich aplikací, zejména v oblastech jako marketing, virtuální prohlídky, kultura, zábava a počítačové hry, v průmyslu 4.0, ve vzdělávání, vzdáleném ovládání přístrojů, designu, architektuře a lékařství (dle vlastní analýzy článků v tisku za období 2019–2022, viz příloha 1).

Formou technology briefu poskytneme stručný a ucelený obrázek, jak české prostředí drží krok s rozvojem výzkumu a aplikací technologií virtuální a rozšířené reality (VR/AR) ve světě a zvláště v Evropě. Dále pak ukazujeme, jak se české výzkumné organizace a firmy zapojují do aktivit zaměřených na technologie VR/AR a jak spolupracují navzájem i se zahraničím.

Metodika

Pro posouzení zastoupení výzkumných témat v Česku jsme využili tři hlavní zdroje dat: **patentové přihlášky** (databáze Patstat, Evropský patentový úřad), realizované **projekty** (databáze projektů Informačního systému výzkumu, vývoje a inovací Úřadu vlády ČR a databáze Evropské komise s daty o projektech podpořených v rámcových programech) a vědecké **publikace** (databáze Web of Science).

Pro identifikaci záznamů v uvedených databázích jsme vytvořili seznam klíčových slov v angličtině, na základě kterého chceme nalézt co nejvíce relevantních výsledků a zároveň co nejméně výsledků k nesouvisejícím tématům. Vytvoření seznamu klíčových slov (viz příloha 2), na jehož precizním provedení přímo závisí přesnost výsledků, je velmi důležitým krokem analýzy. Pro nalezení výsledků jsme klíčová slova vyhledávali v anglických názvech a abstraktech.

Seznam klíčových slov jsme vyvíjeli a testovali na celosvětové databázi patentových žádostí, kde jsme zároveň křížem identifikovali relevantní výsledky vymezením dle Mezinárodního patentového třídění (ICP, viz příloha 3). I při dosažení vysoké přesnosti výběru klíčových slov v oblasti patentových žádostí (98 %) se ukázala omezení využití metody v kontaktu s živou sémantikou psaní vědeckých abstraktů. Přesnost zde poklesla na 81 % u publikací z databáze Web of Science, respektive na 89 % u výsledků z databáze projektů Informačního systému výzkumu, vývoje a inovací Úřadu vlády ČR

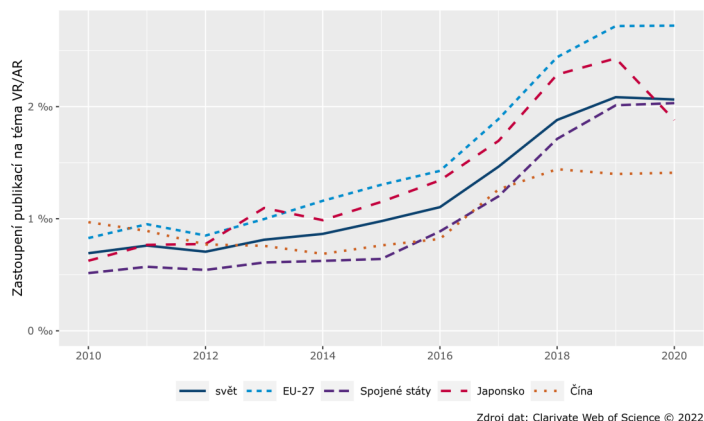
(IS VaVal). Vzhledem k relativně nižší hladině přesnosti bylo tedy nutné využít i manuální kontrolu relevance výsledků.

Světový vývoj

Výzkum na téma VR/AR se v posledních letech významně zintenzivnil, což souvisí zejména s technologickým rozvojem technického vybavení pro VR/AR, jak je zmíněno v úvodu. Nejvýraznější nárůst pozorujeme v letech 2015–2019, je to patrné v datech za podíl vědeckých publikací i za podíl patentů na toto téma, jak ukazují obrázky 1 a 2 níže. Nejvýraznější nárůst zastoupení patentů na téma VR/AR ukazují Spojené státy a Čína, naproti tomu Evropská unie (EU-27) v tomto ohledu dlouhodobě zaostává (trend je velmi podobný i pokud bychom se dívali pouze na „staré“ země EU-15). Naproti tomu v podílu publikací na téma VR/AR je pořadí sledovaných regionů opačné. Nejvyšší zastoupení těchto publikací vykazuje Evropská unie a Japonsko, oproti Spojeným státům a Číně, i když první jmenovaný v posledních letech náskok snížil. Dá se tedy říct, že státy Evropské unie jsou silné v akademickém výzkumu na téma VR/AR, ale zaostávají v tomto oboru při uplatnění výsledků v komerční praxi.



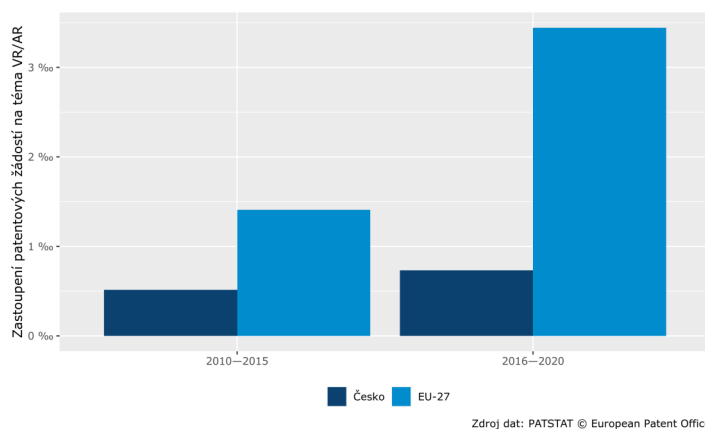
Obrázek 1: Podíl patentových žádostí na téma VR/AR ve světě i v rozvinutých regionech vzrostl



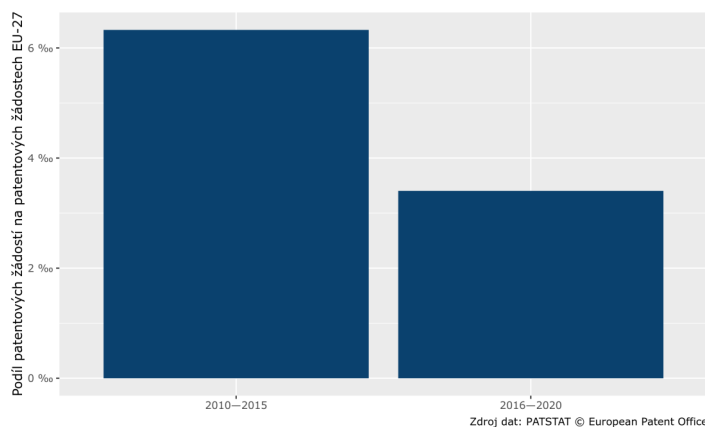
Obrázek 2: Podíl publikací na téma VR/AR ve světě i v rozvinutých regionech rovněž vzrostl

Česko v evropském kontextu

V porovnání s poměry v Evropské unii má Česko troj- až čtyřnásobně nižší podíl patentových žádostí na téma VR/AR oproti průměru za země Evropské unie (obr. 3). V tomto oboru se navíc podíl českých patentových žádostí na celkovém objemu patentových žádostí v Evropské unii za poslední pětiletí snížil skoro na polovinu (obr. 4).

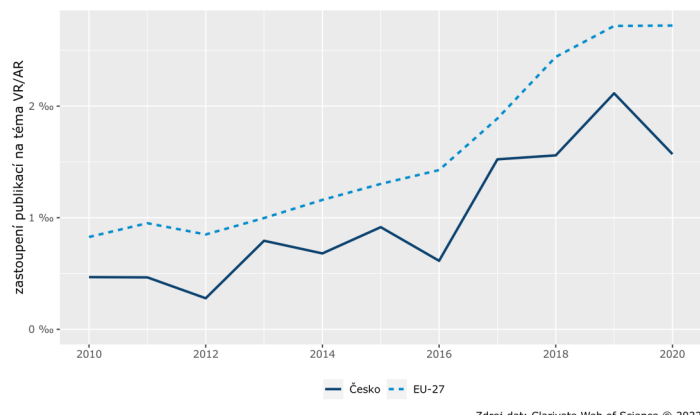


Obrázek 3: Podíl patentových žádostí na téma VR/AR je v Česku výrazně nižší než v EU, ale přesto narůstá



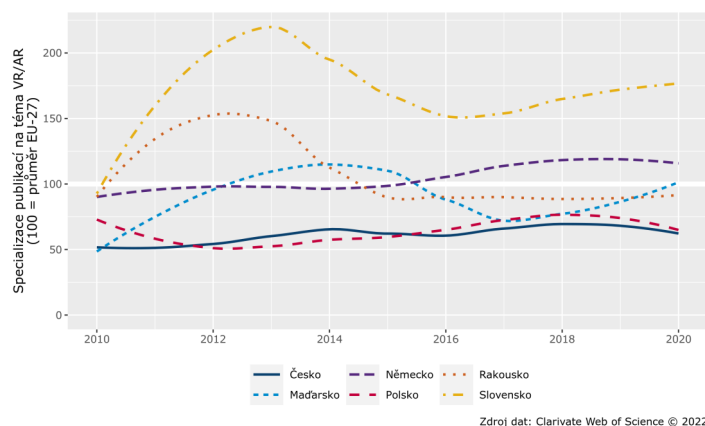
Obrázek 4: Zastoupení Česka mezi patenty EU na téma VR/AR klesá

Zastoupení publikací na téma VR/AR rostlo v Česku podobným tempem jako v Evropské unii, i když podíl těchto publikací je u nás stále nižší (obr. 5).



Obrázek 5: Podíl publikací na téma VR/AR roste v Česku podobně jako v EU, i když je zhruba o třetinu nižší

Zajímavé je podívat se, nakolik jsou české publikace ve srovnání s okolními zeměmi specializovány na téma VR/AR (obr. 6). **Specializaci** definujeme jako podíl publikací na téma VR/AR na celkovém počtu publikací v Česku ve srovnání s obdobným podílem publikací na téma VR/AR v Evropské unii. Úroveň specializace nad 100 znamená vyšší zaměření na sledované téma než v EU, pod 100 naopak nižší. Česko vykazuje v období 2010–2020 poměrně nízkou míru specializace v publikacích za téma VR/AR, podobně jako Polsko. Vyšší míru specializace vykazuje Maďarsko, Rakousko, ale výrazněji Německo a zejména Slovensko.



Obrázek 6: V publikacích se Česko na téma VR/AR příliš nespecializuje, ani ve srovnání s okolními zeměmi

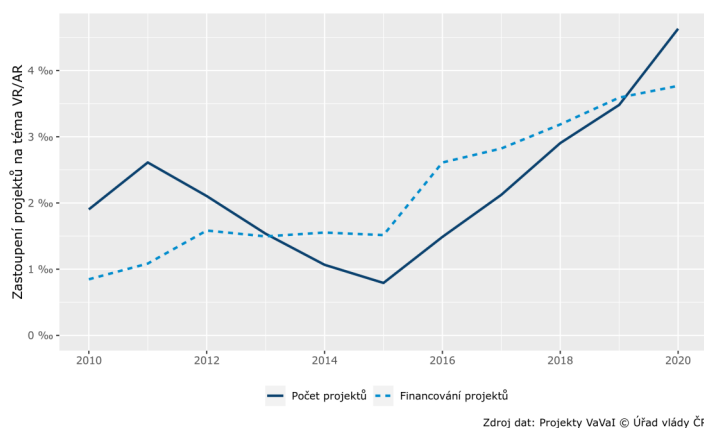
Veřejná podpora výzkumu a vývoje na téma VR/AR v Česku

Do projektů souvisejících s tématem VR/AR směřovalo za období 2004–2021 více než 1,2 mld. Korun. Jednalo se o 91 projektů (viz tabulka A), z toho 69 % financování pocházelo ze státního rozpočtu.

Tabulka A: Projekty na téma VR/AR za období 2004–2021 (dle Centrální evidence projektů IS VaVal)

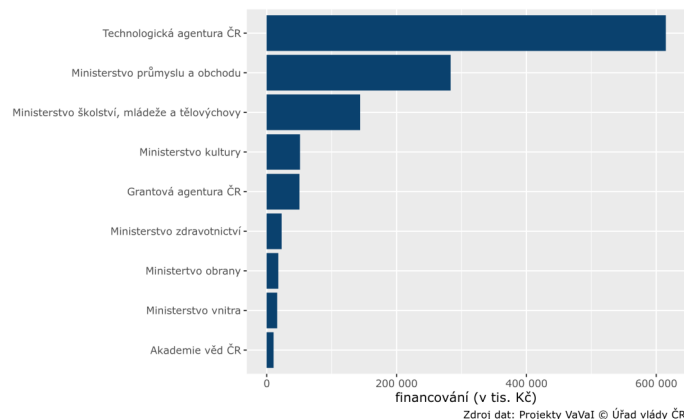
celkem projektů	91
celkem přiděleno do projektů (v tis. Kč)	1 210 721
z toho ze státního rozpočtu přiděleno do projektů (v tis. Kč)	840 141
celkem zapojených českých organizací	88
celkem zapojených organizačních jednotek českých organizací	122

Z obrázku níže je i přes stagnaci po roce 2010 patrný nárůst počtu projektů na téma VR/AR i jejich financování, který koresponduje s trendy v Česku, Evropě i ve světě popsány výše.



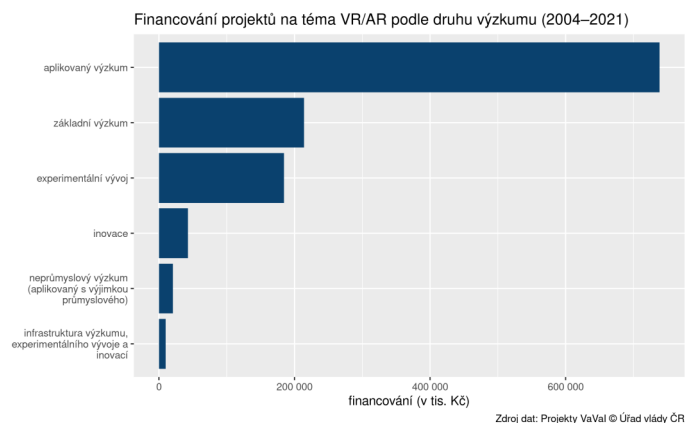
Obrázek 7: Podíl projektů na téma VR/AR i jejich financování v Česku narostlo za posledních deset let na zhruba dvojnásobek

Největší objem financí byl rozdělován Technologickou agenturou ČR (51 %) a Ministerstvem průmyslu a obchodu ČR (23 %). V příloze 4 uvádíme tabulku programů, ve kterých byly projekty na téma VR/AR realizovány.



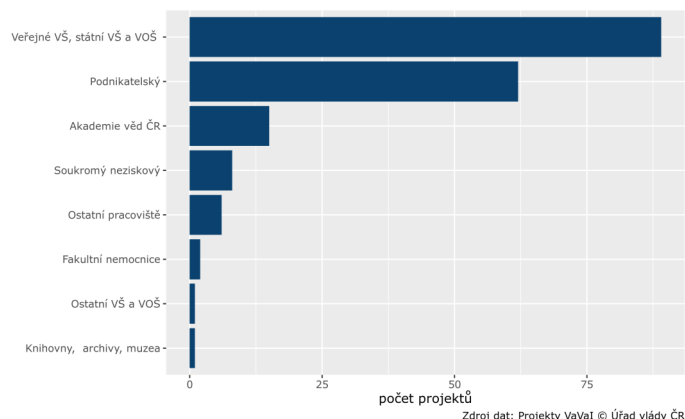
Obrázek 8: Největšími poskytovateli financí na projekty na téma VR/AR byly v letech 2004–2021 zejména Technologická agentura ČR a Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR

Při bližším pohledu na financování projektů na téma VR/AR v Česku (obr. 9) vidíme, že podporován je především aplikovaný výzkum. Spolu s experimentálním vývojem to představuje skoro 78 % financování. Naproti tomu na základní výzkum bylo v projektech alokováno necelých 18 % financí.



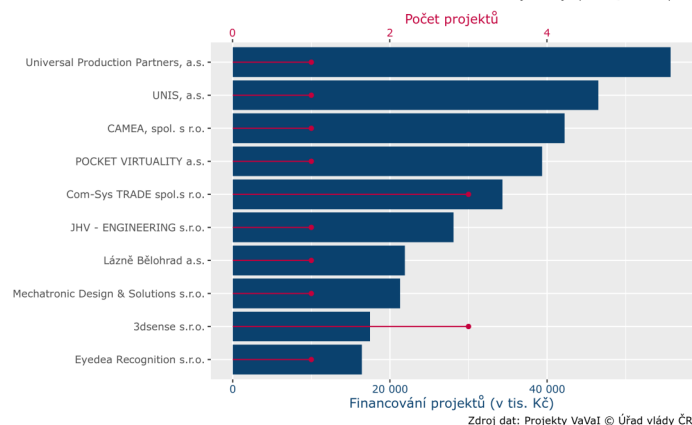
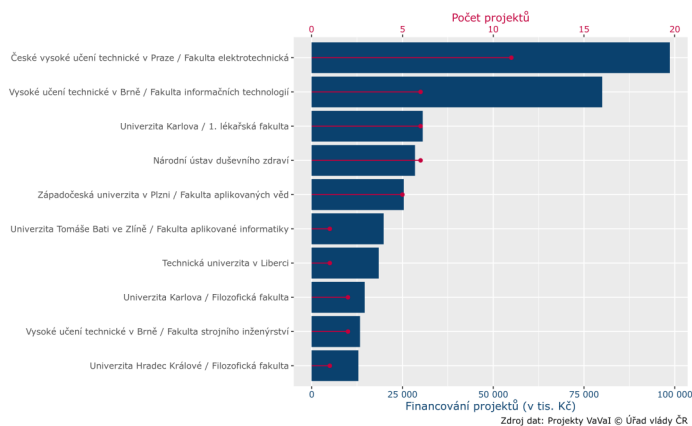
Obrázek 9: Financování projektů na téma VR/AR směřovalo v letech 2004–2021 převážně do aplikovaného výzkumu

Do projektů zaměřených na téma VR/AR se poměrně široce zapojuje soukromý sektor, ve sledovaném období byl zapojen do 50 % projektů. Vysoké školy byly zapojeny do 72 % projektů, vládní sektor do 22 % projektů. Na více než polovině projektů přitom spolupracovaly dvě a více organizací.

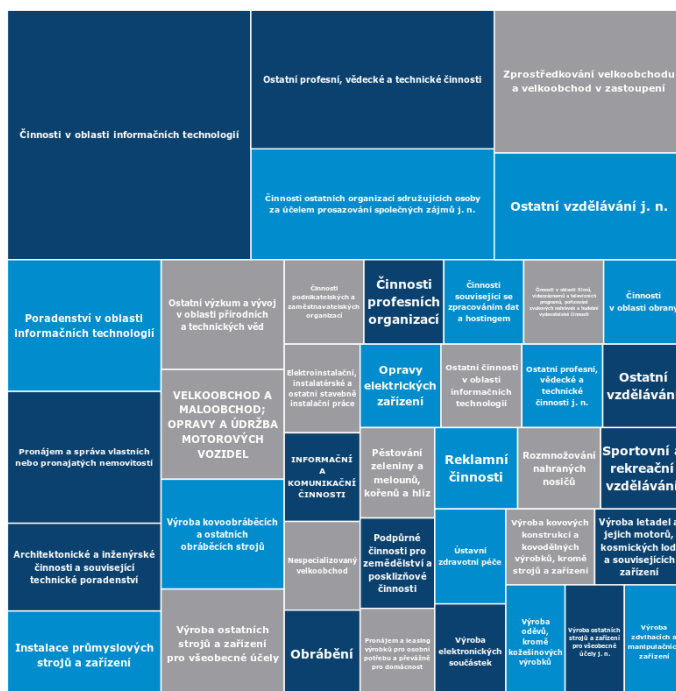


Obrázek 10: V projektech na téma VR/AR měl v letech 2004–2021 výraznou roli podnikatelský sektor

Největší příjemce financování projektů na téma VR/AR ve veřejném a soukromém sektoru ukazují obrázky níže. Větší objemy financí celkově plynuly ve sledovaném období do veřejných organizací, ale oproti tomu soukromé společnosti získaly větší objemy financí na projekt. To je ovlivněno hlavně zahrnutím projektu „Centrum kompetence ve zpracování vizuálních informací“, který je finančně podstatně významnější než ostatní posuzované projekty a který se navíc zabývá podstatně širší oblastí témat, než pouze VR/AR.



Obrázky 11 a 12: Hlavní veřejné instituce a soukromé společnosti zapojené do projektů v období 2004–2021

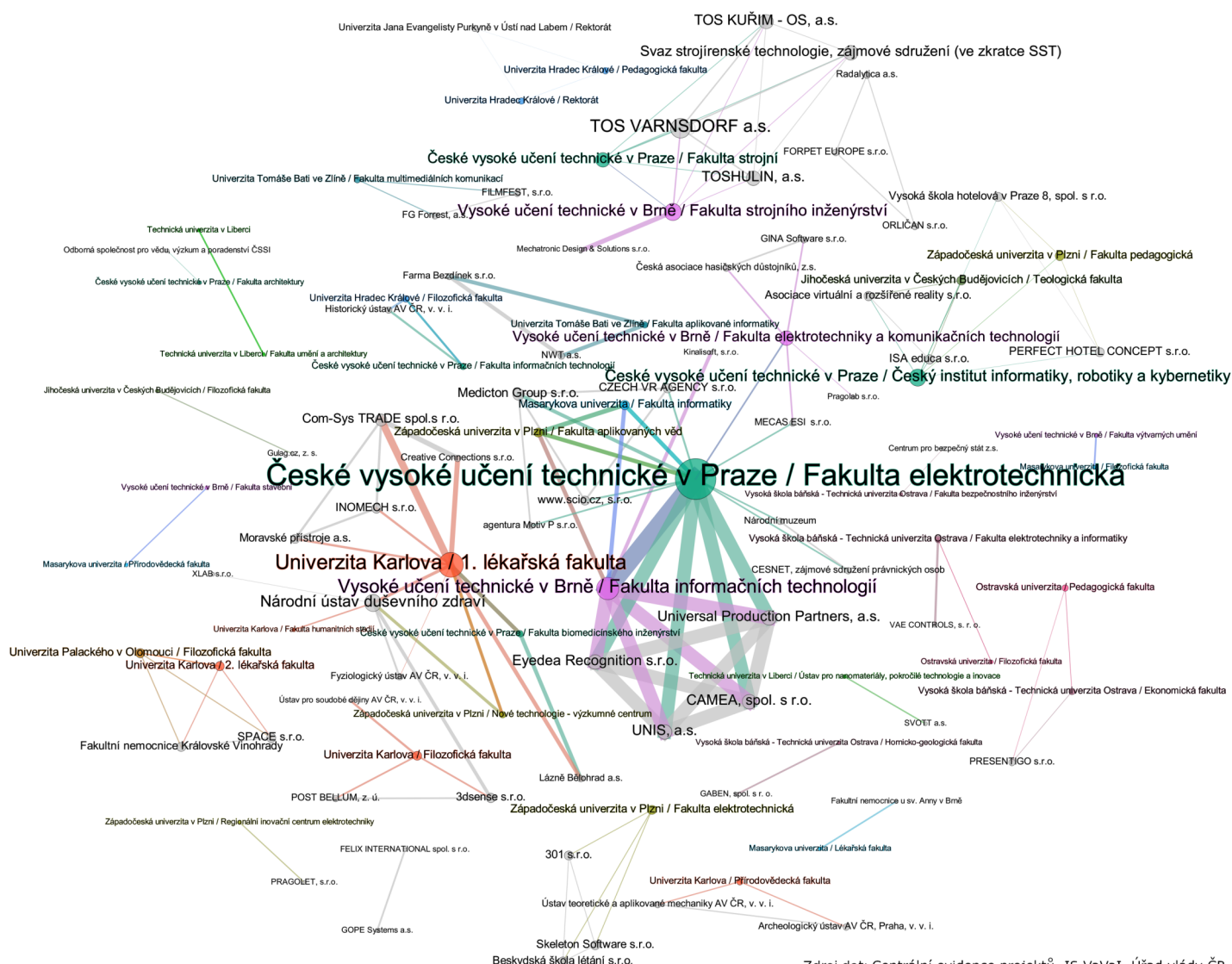


Obrázek 13: Odvětvové členění (NACE) u soukromých společnostech podílejících se na projektech na téma VR/AR je poměrně rozmanité

Zaměření projektů v oblasti VR/AR je tematicky poměrně rozmanité, naznačuje to **struktura odvětvového členění soukromých společností** zapojených do těchto projektů, jak je uvedeno na obrázku 13 výše. Významné je zastoupení firem podnikajících v oblasti informačních technologií a v oblastech průmyslových technologií, ale jinak vidíme pestré zastoupení nejrozličnějších odvětví.

Na obrázku níže předkládáme zobrazení **sítě spolupráce** mezi organizacemi za témata VR/AR podle projektů VaVal a jejich financování v letech 2004 – 2021. Síťi spolupráce jednoznačně dominuje shluk organizací zapojených do výše zmíněného projektu centra kompetence. Přesto je patrné, že tento shluk je součástí větších shluků organizací, které naznačují určitá „centra znalostí“. Hlavní shluk zahrnuje neaktivnější fakulty dvou českých vysokých škol velmi aktivních v tématech VR/AR

(pražské ČVUT a VUT v Brně), které spolupracují s několika dalšími fakultami vysokých škol, firmami a dalšími organizacemi. Hlavními tématy spolupráce jsou počítačové vědy, materiálové, lékařské, elektrotechnické nebo stavební inženýrství, dále vzdělávání a historie. Dalším výrazným shlukem je spolupráce mezi 1. lékařskou fakultou UK, Národním ústavem duševního zdraví a dalšími organizacemi (zejména téma lékařského inženýrství). Výrazný je také shluk kolem Fakulty strojního inženýrství VUT v Brně (strojní inženýrství a robotika) a kolem Českého institutu informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT (témata psychologie a pedagogika). Kromě toho je z obrázku patrné i množství menších spoluprací mezi nejrozličnějšími organizacemi, které dobře ilustruje rozmanitost výzkumných projektů zabývajících se tématem VR/AR a také zapojení výzkumných institucí v regionech Česka.



Obrázek 14: Síť spolupráce nad projekty na téma VR/AR ukazuje několik málo výrazných shluků. Šířka spojnic znázorňuje objem financí v projektu, velikost uzlů ukazuje počet spoluprací, barevně jsou vyznačeny organizační jednotky z nejvýraznějších institucí, šedě ostatní.

Internacionalizace výzkumu a vývoje na téma VR/AR v Česku

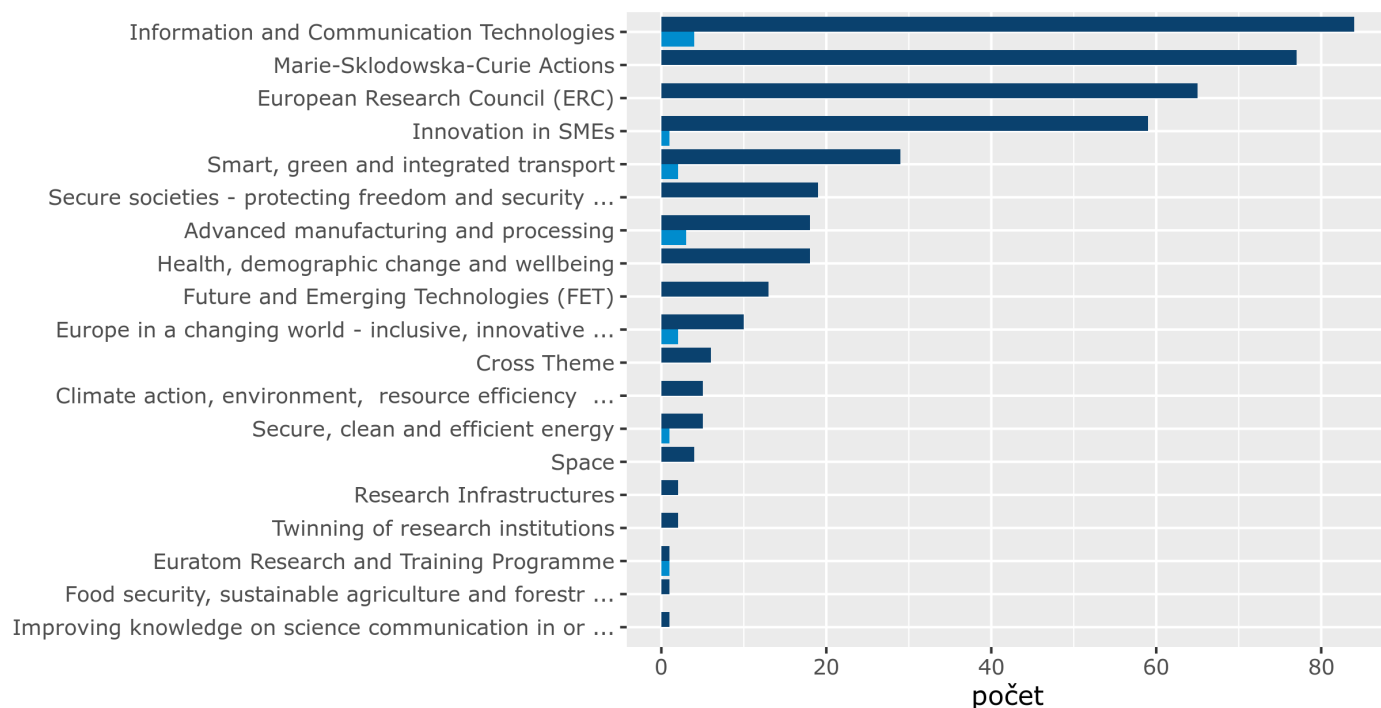
Celkem 17 institucí z Česka bylo zapojeno do řešení 14 mezinárodních projektů zaměřených na výzkum a vývoj v oblasti VR/AR podpořených v rámci programu Horizont 2020 (viz tab. B).

Tabulka B: Projekty za témata VR/AR v rámci programu Horizont 2020

celkem projektů s českou účastí	14
celkem zapojených českých institucí	17

Jak se české výzkumné organizace zapojují do mezinárodní spolupráce naznačuje jejich zapojení do projektů z tohoto rámcového programu (obr. 15). Zobrazeno je zastoupení českých organizací v programech, ve kterých jsou v Evropě realizovány ostatní projekty na téma VR/AR. Je patrné, že v některých programech, kde je velký potenciál projektů na téma VR/AR, se české organizace s tématem VR/AR nezapojily a je zde tedy potenciál pro větší uplatnění českých žadatelů, zejména z veřejného sektoru, jak je ukázáno níže.

V případě rámcového programu Horizont 2020 stojí za to zmínit poměrně vysoké zapojení českých soukromých společností do mezinárodních výzkumných konsorcií zabývajících se tématem VR/AR, poměr k veřejným organizacím je deset ku sedmi. Soukromé firmy jsou dokonce ve dvou případech hlavními koordinátory projektů, v případě vysokých škol je to v jednom případě (vyznačeno tučně v tabulce C). Projekty rámcových programů s českou účastí na téma VR/AR jsou tematicky pestré, zabývají se robotikou v průmyslovém využití nebo při zpřístupňování těžko dostupných míst, simulací mimořádných událostí, ale i využitím ve vzdělávání, turismu, marketingu nebo komunikaci. Tuto pestrost odráží i členění projektů do programů, které zahrnují informační a komunikační technologie, zelené dopravní technologie, inkluzivní společnost, pokročilé průmyslové technologie, zmírňování dopadů klimatických změn nebo udržitelné získávání energií.



V projektech s účastí: ■ Česko ■ EU

Zdroj dat: European Commission CORDIS

Obrázek 15: Zapojení českých organizací do projektů na téma VR/AR v programech Horizon 2020 ve srovnání s projekty na toto téma celkově za Evropskou unii.

Tabulka C: České organizace zapojené do projektů na téma VR/AR v programech rámcového programu Horizont 2020 (tučně zvýrazněny organizace v pozici hlavního koordinátora projektu, * hvězdičkou označeny konzultační společnosti)

Název organizace	Program
* AMIRES s.r.o.	Advanced manufacturing and processing
* AMIRES, The Business Innovation Management Institute, z.ú.	Advanced manufacturing and processing
České vysoké učení technické v Praze	Euratom Research and Training Programme
České vysoké učení technické v Praze	Information and Communication Technologies
České vysoké učení technické v Praze	Information and Communication Technologies
Euromobilita s.r.o.	Innovation in SMEs
* Evalion s.r.o.	Euratom Research and Training Programme
GoodAI Research s.r.o.	Information and Communication Technologies
Honeywell International s.r.o.	Smart, green and integrated transport
KYBERTEC, s.r.o.	Information and Communication Technologies
Masarykova univerzita	Europe in a changing world – inclusive, innovative and reflective societies
Ministerstvo vnitra České republiky	Secure, clean and efficient energy
MORA MORAVIA, s.r.o.	Advanced manufacturing and processing
Sdružení pro hračku a hru z.s.	Advanced manufacturing and processing
Univerzita Karlova	Europe in a changing world – inclusive, innovative and reflective societies
Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava	Smart, green and integrated transport
Vysoké učení technické v Brně	Europe in a changing world – inclusive, innovative and reflective societies
Výzkumný Ústav Železniční, a. s.	Smart, green and integrated transport
Západočeská univerzita v Plzni	Advanced manufacturing and processing

Publikační aktivita

V databázi Web of Science se podařilo nalézt více než 300 publikací na téma VR/AR s alespoň jedním českým spolu-autorem. Z toho jsou dvě třetiny publikací alespoň jednou citované (viz tabulka D).

Tabulka D: Publikace za témata VR/AR v období 2001–2020, dle databáze Web of Science

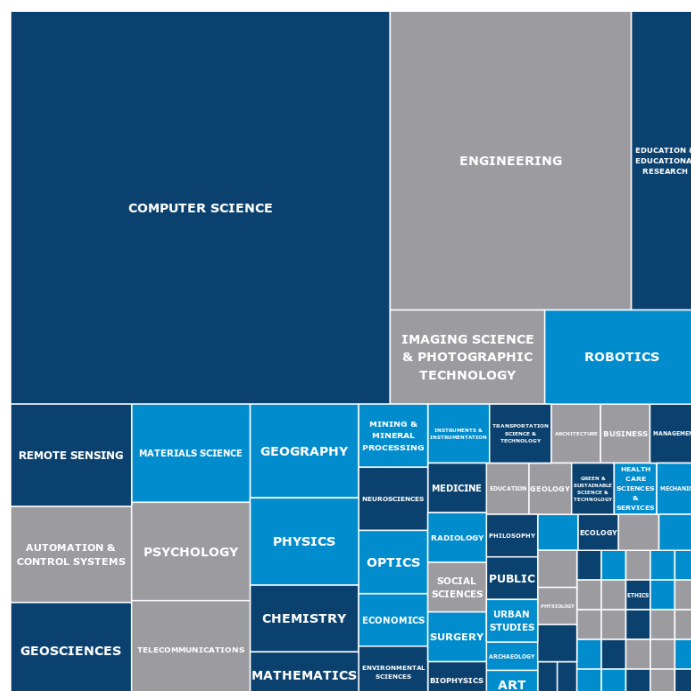
celkem publikací s českou účastí	307
celkem publikací s českou účastí – citované	198
celkem zapojených českých organizací	53
celkem zapojených organizačních jednotek českých organizací	125

Mezi publikacemi na téma VR/AR převažují podle druhu články z konferenčních sborníků (*proceedings paper*), a to v 64 % případů, nad běžnými články (29 %). Přitom souhrnně mezi českými publikacemi na Web of Science je poměr opačný, publikace ve sbornících z konference činí 22 % a články 57 %.

Co se týká **citovanosti publikací**, mezi desetinou nejvíce citovaných českých článků v databázi Web of Science se řadí 17,9 % článků na téma VR/AR. To ukazuje na dobrou kvalitu nejlepších publikací v tomto tématu. Zcela necitované publikace v tématu VR/AR tvoří 35 %, zatímco celkový podíl necitovaných publikací s českými autory tvoří pouze 31 % za stejné sledované období.

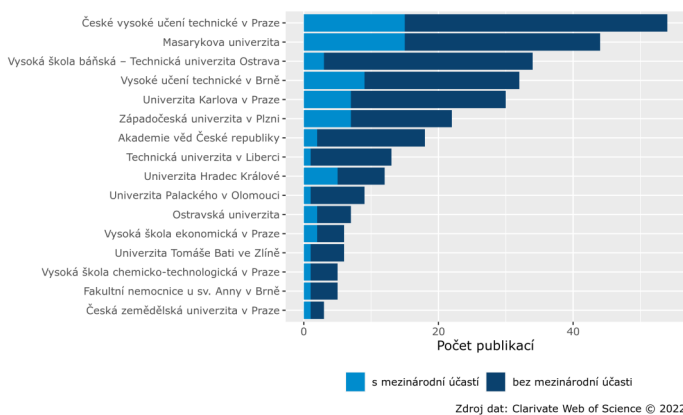
Zastoupení **oborů v publikacích** na téma VR/AR (klasifikace dle Web of Science), na obrázku 16, ukazuje výrazný podíl počítačových věd a oborů souvisejících s přesným strojírenstvím a robotikou, avšak v souhrnu je výrazné i zastoupení různorodých oborů jako psychologie, pedagogika,

navigace, lékařství a další. To ukazuje na výrazné mezioborové zaměření technologií VR/AR a potenciálně široké možnosti jejich uplatnění. Tento obrázek koresponduje s oborovým zastoupením soukromých společností zapojených v projektech, jak je znázorněno na obrázku 13 výše, ale podobně pestrou škálu oborů zabývajících se tématem VR/AR vykazují i publikace na Web of Science celkově (*Computer Science* 45 %, *Engineering* 29 %, k tomu dalších 149 různorodých oborů).



Obrázek 16: Ačkoli mezi obory dle klasifikace Web of Science u publikací na téma VR/AR převažují technické obory, zastoupení oborů je jinak velmi rozmanité

Skoro čtvrtina publikací na téma VR/AR zařazených do databáze Web of Science bylo vytvořeno v mezinárodní spolupráci. Podíl zahraniční spolupráce na publikacích na sledované téma za nejvíce publikující instituce vidíme na obrázku níže. V institucích se přitom na jednotlivých fakultách a ústavech může podíl zahraniční spolupráce na téma VR/AR výrazně lišit; někde vzniká velké množství publikací na téma VR/AR, ale např. jen pětina v zahraniční spolupráci. Jinde z několika málo publikací na sledované téma je většina ve spolupráci se zahraničím. Zastoupení publikujících institucí (na obrázku níže) do velké míry koresponduje s centry znalostí vymezenými výše v případě projektů a ukazuje na kapacity využít spolupráci v projektech pro kvalitní publikování včetně toho v mezinárodní spolupráci.



Citovanost publikací na téma VR/AR je na české poměry nadprůměrná, výrazné zastoupení mají články z konferenčních sborníků.

Oborové zastoupení publikací i spolupracujících soukromých společností odráží na jedné straně zakotvení tématu VR/AR v počítačových vědách, strojírenství a robotice, na druhé straně ukazuje pestré zastoupení různorodých oborů uplatnění, včetně lékařství. To koresponduje se strukturou publikací na téma VR/AR dle oborů ve světě i s deklarovaným využitím technologie VR/AR ve firmách (dle European Commission 2021).

Největším poskytovatelem financování je Technologická agentura ČR (nejvýznamnější je program *Centra kompetence*) a Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR.

Čtvrtina publikací na téma VR/AR vzniká v mezinárodní spolupráci. Úroveň mezinárodní spolupráce se výrazně liší mezi jednotlivými institucemi i uvnitř institucí mezi jejich organizačními jednotkami.

Centra znalostí spolu s vysokým zapojením soukromých společností a existující start-upovou scénou v oblasti témat VR/AR ukazují na dobrý potenciál více rozvíjet výzkum a vývoj v této oblasti i se více zapojovat do mezinárodní spolupráce, například v rámcových programech EU pro výzkum a inovace (nyní Horizont Evropa).

Obrázek 17: Spolupráce se zahraničím při tvorbě publikací na téma VR/AR má u veřejných institucí různou intenzitu

Závěry

Výzkum v oblasti VR/AR zažil v posledních letech celosvětově výrazný nárůst. Vývoj v Česku tento trend do velké míry kopíruje.

V patentových žádostech na tématu VR/AR zaostává Evropská unie za světovým průměrem, který je tažený Spojenými státy a Čínou, naopak v publikacích jsou země EU nadprůměrné. Český výzkum a vývoj na téma VR/AR v patentových žádostech výrazně zaostává v porovnání se světem a i s EU, více se daří držet krok v publikacích.

Většina financování projektů na téma VR/AR v Česku se zaměřuje na aplikovaný výzkum. Mezi příjemci financování hrají důležitou roli soukromé společnosti.

Hlavní „centra znalostí“ v oblasti VR/AR se vytvářejí kolem fakult Českého vysokého učení technického a kolem Vysokého učení technického v Brně. Výrazné centrum znalostí vytváří i 1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy a Národní ústav duševního zdraví.

Literatura

Berg, L. P., Vance, J. M. (2016): Industry use of virtual reality in product design and manufacturing: a survey. Dostupné na <https://doi.org/10.1007/s10055-016-0293-9>

Cipresso, P., Giglioli, I. A. C., Raya, M. A., Riva, G. (2018): The Past, Present, and Future of Virtual and Augmented Reality Research: A Network and Cluster Analysis of the Literature. Dostupné na <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2018.02086>

Dixon, S. (2006): A history of virtual reality in performance. Dostupné na https://www.researchgate.net/profile/Steve-Dixon-5/publication/228625222_A_history_of_virtual_reality_in_performance/links/54b64c300cf28ebe92e7c621/A-history-of-virtual-reality-in-performance.pdf

European Commission (2021): Advanced Technologies for Industry – Final Report. Report on technology trends and technology adoption. Dostupné na <https://ati.ec.europa.eu/reports/eu-reports/final-report-technology-trends-and-technology-adoption>

Flavián, C., Ibáñez-Sánchez, S., Orús, C. (2019): The impact of virtual, augmented and mixed reality technologies on the customer experience. Dostupné na <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.10.050>

Mekni, M., Lemieux, A. (2014): Augmented Reality: Applications, Challenges and Future Trends. Dostupné na <http://wseas.us/e-library/conferences/2014/Malaysia/ACACOS/ACACOS-29.pdf>

Zdroje dat

Centrální evidence projektů, Informační systém výzkumu, vývoje a inovací, Úřadu vlády ČR – <https://www.isvavai.cz/cep>

Clarivate Web of Science – <https://www.webofscience.com>

Klasifikace oborů Web of Science - https://support.clarivate.com/ScientificandAcademicResearch/s/article/Web-of-Science-List-of-Subject-Classifications-for-All-Databases?language=en_US

Mezinárodní patentové třídění (IPC) na <https://www.wipo.int/classifications/ipc/en/>

Patstat, Evropský patentový úřad – <https://www.epo.org/searching-for-patents/business/patstat.html>

Rejstřík informací o výsledcích, Informační systém výzkumu, vývoje a inovací, Úřadu vlády ČR – <https://www.isvavai.cz/riv>

Kontakt: Petr Kučera kucerap@tc.cz <http://www.tc.cz> <http://www.strast.cz>



Cílem TC Technology briefs je popsat významné technologické změny a posoudit připravenost prostředí v ČR na budoucí absorpci nově nastupujících technologií. Technologické centrum AV ČR se dlouhodobě věnuje analýzám výzkumné politiky a připravuje podklady pro strategické rozhodování subjektů zodpovědných za výzkum a inovace v ČR. Strategické studie Technologického centra AV ČR: www.strast.cz

Příloha 1: VR/AR ve vybraných médiích v posledních letech s vyznačením tematického vymezení článků

Název a URL	datum zveřejnění	marketing	virtuální prohlídky	kultura	zábava, hry	průmysl 4.0	vzdělávání	telework	design, architektura	lékařství
Robotizace proniká do nových oborů i běžného života – https://www.vseoprumsly.cz/robotizace/prumyslove-roboty/robotizace-pronika-do-novych-oboru-i-bezneho-zivota.html	20. 04. 2022					X				
Národní muzeum v kapse – https://www.nm.cz/narodni-muzeum-v-kapse	09. 04. 2022		X							
O virtuální teleportaci z Česka se zajímá i NASA – https://ekonom.cz/c1-67048260-o-virtualni-teleportaci-z-ceska-se-zajima-i-nasa	24. 03. 2022							X		
Sázka na virtuální realitu. Křetinský s Tkáčem koupili za stovky milionů většinový podíl v českém herním studiu Divr Labs – https://www.euro.cz/byznys/sazka-na-virtualni-realitu-kretinsky-s-tkacem-koupili-za-stovky-milionu-eur-vetsinovy-podil-v-ceskem-hernim-studiu-divr-labs	23. 03. 2022				X					
Přední česká vývojářská společnost v oblasti virtuální a rozšířené reality mění vedení společnosti – https://t.tyden.cz/rubriky/byznys/predni-ceska-vyvojarska-spolecnost-v-oblasti-virtualni-a-rozsirene-reality-meni-vedeni-spolecnosti-556483.html	16. 03. 2022					X	X	X		
Rehabilitace ve vesmíru? VR Vitalis učí pacienty cvičit ve virtuální realitě – https://rokle24.cz/rehabilitace-ve-vesmiru-vr-vitalis-uci-pacienty-cvicit-ve-virtualni-realite/	16. 03. 2022									X
Čeští lékaři jako první na světě plánují transplantace ve virtuální realitě – https://www.seznamzpravy.cz/clanek/tech-technologie-cesti-lekari-jako-prvni-na-svete-planuji-operace-ve-virtualni-realite-188344	15. 02. 2022									X
Virtuální realita proniká i do českého maloobchodu – https://www.mediaguru.cz/clanky/2022/02/virtualni-realita-pronika-i-do-ceskeho-maloobchodu/	06. 02. 2022	X								
Prohlídka budoucích nemovitostí už není problém, startup Ardysey vám je ukáže ve virtuální realitě – https://rokle24.cz/prohlidka-budoucich-nemovitosti-uz-neni-problem-startup-ardysey-vam-je-ukaze-ve-virtualni-realite/	01. 02. 2022				X				X	
Virtuální realita je nový trend, firma Tasty Air zvýšila obrat na čtyřnásobek – https://www.ceskenoviny.cz/zpravy/virtualni-realita-je-novy-trend-firma-tasty-air-zvysila-obrat-na-ctyrnasobek/2143182	09. 01. 2022		X		X		X			
Rozšířená realita v Praze láká na Horizon Forbidden West – https://www.vortex.cz/rozsirena-realita-v-praze-laka-na-horizon-forbidden-west/	07. 01. 2022	X			X					
České firmy v metaverzu chybět nechťejí. Virtuální realitu používá ČEZ, Preciosa i výrobce psích granulí – https://www.euro.cz/byznys/ceske-firmy-v-metaverzu-chybet-nechteji-virtualni-realitu-pouziva-cez-preciosa-i-vyrobc-psich-granuli	17. 12. 2021	X	X	X						
Rozšířená realita je trendem, v Česku se ale využívá méně – https://www.mediaguru.cz/clanky/2021/12/rozsirena-realita-je-trendem-v-cesku-se-ale-vyuziva-mene/	12. 12. 2021	X	X		X					
Využití virtuální reality pro plánování a simulaci vojenských misí – https://21století.cz/2021/10/12/vyuziti-virtualni-reality-pro-planovani-a-simulaci-vojenskych-misi/	12. 10. 2021						X	X	X	
Continental v Brandýse: chytrá automatizace, roboti a virtuální realita – https://www.vseoprumsly.cz/inspire/trendy/continental-v-brandyse-chytra-automatizace-roboti-a-virtualni-realita.html	23. 09. 2021					X				
Český globální lídr ve virtuální realitě získal od investorů 2,5 milionu dolarů na další rozvoj. Peníze posílá i Průša – https://www.startupjobs.cz/newsroom/lidr-ve-virtualni-realite-vgineers-ziskal-od-investoru-2,5-mil-dolaru-na-rozvoj	09. 08. 2021					X	X			
Virtuální realita přináší zvýšení kvality i efektivity – https://www.stavebni-forum.cz/clanek/virtualni-realita-prinasi-zvyseni-kvality-i-efektivitu/	29. 07. 2021								X	
Rozšířená realita ve ŠKODA AUTO zjednodušuje údržbu – https://www.vseoprumsly.cz/digitalizace/virtualni-rozsirena-realita-ve-skoda-auto-zjednodusuje-udrzbu.html	13. 05. 2021					X				
Virtuální divadlo, školení soustružníků i trénink vojenských pilotů. Jak se daří českým VR firmám? – https://www.lupa.cz/clanky/virtualni-divadlo-skoleni-soustruzniku-i-trenink-vojenskych-pilotu-jak-se-dari-ceskym-vr-firmam/	11. 05. 2021	X	X	X			X	X		
Zácvik ve virtuální realitě: umělý pot, pravý pot – https://www.penize.cz/zamestnani/425995-zacvik-ve-virtualni-realite-umely-svet-pravy-pot	09. 05. 2021						X			
Ještě lepší rozšířená realita. Nepotřebujete mobil ani brýle, promítnete ji kamkoliv, říká český inovátor – https://radiozurnal.rozhlas.cz/jeste-lepsi-rozsirena-realita-nepotrebuje-mobil-ani-bryle-promitnete-ji-8445159	15. 03. 2021					X				
„Možek pacienta dokážeme oblnout.“ Ostravská firma vyvíjí virtuální rehabilitaci – https://radiozurnal.rozhlas.cz/mozek-pacienta-dokazeme-oblnout-ostavska-firma-vyvi-ji-virtualni-rehabilitaci-8418668	04. 02. 2021									X
Rozšířená realita je opravdu správným krokem při digitalizaci pracovních workflow – https://www.vseoprumsly.cz/inspire/rozhovory-a-reportaze/rozsirena-realita-je-opravdu-spravnym-krokem-pri-digitalizaci-pracovnich-workflow.html	05. 06. 2020		X		X		X	X		
Češi vládnou virtuální realitě. Prodávají v ní zboží, opravují stroje i cvičí piloty – https://forbes.cz/cesi-vladnou-virtualni-realite-prodavaji-v-ni-zbozi-opravuji-stroje-i-cvici-piloty/	23. 02. 2020	X			X	X	X			
Česko je Silicon Valley virtuální reality. Proč se o tom nemluví? – https://forbes.cz/cesko-je-silicon-valley-virtualni-reality-proc-se-o-tom-nemluvi/	19. 09. 2019			X	X					
Virtuální škola hrou: České Lifeliqe umožňuje žákům po celém světě prohlédnout si dinosaury či sopky na vlastní oči – https://www.startupjobs.cz/newsroom/nasim-cilem-je-vytvaret-takove-pomucky-ktre-bychom-si-ve-skolnich-lavicich-sami-prali	17. 09. 2019						X			
Fenomén Beat Saber. Čeští vývojáři vytvořili nejuspěšnější hru ve virtuální realitě – https://www.euro.cz/archiv/virtualni-mece-1465579	15. 09. 2019				X					
Ostravský startup vyvíjí virtuální realitu pro výrobní firmy. Nová technologie pomáhá i personalistům – https://www.lidovky.cz/byznys/ostavske-startup-vyvi-ji-virtualni-realitu-pro-vyrobní-firmy-pomaha-i-personalistum.A190823_094526_firmy-trhy_ele	23. 08. 2019					X	X			

Příloha 2: Klíčová slova využitá k výběru projektů, publikací a patentových žádostí

Obsahuje	A zároveň obsahuje
3D image	virtual augmented
AR apparatus	
AR cloud	
AR glasses	
AR headset	
AR overlay	
AR platform	
AR system	
AR navigation	
AR/VR	
artificially created environment	
augmentation	image & display
augmentation image	
augmented environment	image display projection
augmented picture	
augmented reality	
deep reality display	
head display	virtual augmented VR AR VR/AR
head mounted display	virtual augmented VR AR VR/AR
head-mounted display	virtual augmented VR AR VR/AR
head-up display	virtual augmented VR AR VR/AR
holography	virtual augmented VR AR VR/AR
hologram	virtual augmented VR AR VR/AR
hololens	
immersive reality	
immersive space	virtual augmented VR AR VR/AR
immersive system	virtual augmented VR AR VR/AR
immersive technology	virtual augmented VR AR VR/AR
fully-immersive system	virtual augmented VR AR VR/AR
semi-immersive projection system	virtual augmented VR AR VR/AR
semi-immersive system	virtual augmented VR AR VR/AR
non-immersive system	virtual augmented VR AR VR/AR
mixed reality	visual image virtual augmented
monoscopic VR	
Morpheus	virtual augmented VR AR VR/AR
Oculus Rift	virtual augmented VR AR VR/AR
reality	virtual <1> reality
reality	virtual <2> reality
reality	virtual <3> reality
reality	virtual <4> reality
reality	augmented <1> reality
reality	augmented <2> reality
reality	augmented <3> reality
reality	augmented <4> reality
reality glass	virtual augmented VR AR VR/AR
reality image	virtual augmented VR AR VR/AR

Obsahuje	A zároveň obsahuje
room scale VR	
smart glasses	
spatial computing	
spatial image	virtual augmented VR AR VR/AR
spatial reality display	
SR display	
stereoscopic VR	
virtual 2D	
virtual 3D	
virtual 3D Image	
virtual display image	
virtual environment	image display projection
virtual image	!(image <-> file)
virtual picture	
virtual reality	
VR and AR	
VR apparatus	
VR cloud	
VR headset	
VR platform	
VR system	
VR/AR	
glasses	reality & virtual
haptic reality	
visuo-haptic mixed reality	
head mounted	virtual augmented VR AR VR/AR
wearable computers	virtual augmented VR AR VR/AR
simulated reality	!(virtual <-> network)
virtual modelling	reality
virtual meeting rooms	reality
immersion	reality & (virtual augmented VR AR VR/AR)
telemanipulation	
tele-manipulation	
tele-presence	
telepresence	
telerehabilitation	
tele-rehabilitation	
panoramic 3D displays	virtual augmented VR AR VR/AR
surround sound acoustics	virtual augmented VR AR VR/AR
haptics feedback	virtual augmented VR AR VR/AR
force feedback	virtual augmented VR AR VR/AR
smell replication	virtual augmented VR AR VR/AR
taste replication	virtual augmented VR AR VR/AR
virtual space	
virtual object	
vr glasses	
virtual three dimensional	
vr equipment	
extended reality	visual image virtual augmented

Vysvětlivky použitých logických operátorů:

	nebo
&	a
!	negace
<-> nebo <1>	vedle sebe
<2>	vedle sebe maximálně ob slovo
<3>	vedle sebe maximálně ob 2 slova

Příloha 3: Obory dle klasifikace Mezinárodního patentového třídění využitě k výběru patentových žádostí

A63F 13	Video games, i.e. games using an electronically generated display having two or more dimensions
G01S 7/20	Details of systems according to groups G01S 13/00, G01S 15/00, G01S 17/00, Stereoscopic displays; Three-dimensional displays; Pseudo-three-dimensional displays
G02B 27	Optical systems or apparatus not provided for by any of the groups
G02B 30	Optical systems or apparatus for producing three-dimensional [3D] effects, e.g. stereoscopic images
G03H 1	Holographic processes or apparatus using light, infra-red, or ultra-violet waves for obtaining holograms or for obtaining an image from them
G06F 3/03	Arrangements for converting the position or the displacement of a member into a coded form
G06F 3/14	Digital output to display device
G06F 111	Details relating to CAD techniques
G06F 111/18	Details relating to CAD techniques, using virtual or augmented reality
G06F 30/12	Characterized by design entry means specially adapted for CAD, e.g. graphical user interfaces [GUI] specially adapted for CAD
G06T 19	IMAGE DATA PROCESSING OR GENERATION, Manipulating 3D models or images for computer graphics
H04N 13	Stereoscopic video systems; Multi-view video systems

Podrobně o Mezinárodním patentovém třídění (IPC) na <https://www.wipo.int/classifications/ipc/en/>

Příloha 4: Programy, ve kterých byly realizovány projekty na téma VR/AR, dle poskytovatelů financování

Organizace / program	financování projektů (v tis. Kč)
Technologická agentura ČR – celkem	614 597
Centra kompetence	267 049
Program na podporu aplikovaného společenského a humanitního výzkumu, experimentálního vývoje a inovací ÉTA	141 251
TREND	136 856
Program na podporu aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje EPSILON	41 026
Program na podporu aplikovaného výzkumu ZÉTA	16 159
Program podpory aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje DELTA	10 789
Program na podporu aplikovaného společenského a humanitního výzkumu a experimentálního vývoje OMEGA	1 467
Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR – celkem	283 381
TRIO	107 507
Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost	74 768
The Country for the Future	36 103
TIP	34 824
IMPULS	30 179
Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy ČR – celkem	144 061
Centra základního výzkumu	54 136
Finanční mechanismy EHP/Norsko	29 950
Společná technologická iniciativa ECSEL	14 017
Informační technologie pro znalostní společnost	11 287
INTER-EXCELLENCE	10 718
Operační program výzkum, vývoj, vzdělávání	10 178
Eurostars	5 098
Podpora projektů sedmého rámcového programu Evropského společenství pro výzkum, technologický rozvoj a demonstrace (2007 až 2013) podle zákona č. 171/2007 Sb.	4 681
KONTAKT	2 310
INGO	1 686
Ministerstvo kultury ČR – celkem	51 083
Program na podporu aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje národní a kulturní identity na léta 2016 až 2022 (NAKI II)	36 543
Program aplikovaného výzkumu a vývoje národní a kulturní identity (NAKI)	14 540
Grantová agentura ČR – celkem	50 382
Standardní projekty	47 667
Postdoktorandské granty	2 715
Ministerstvo zdravotnictví ČR – celkem	22 896
Program na podporu zdravotnického aplikovaného výzkumu na léta 2015–2023	22 896
Ministerstvo obrany ČR – celkem	17 817
Profesionalizace Armády České republiky	10 837
Obranný aplikovaný výzkum, experimentální vývoj a inovace	6 980
Ministerstvo vnitra ČR – celkem	16 153
Program bezpečnostního výzkumu České republiky 2010–2015	8 701
Bezpečnostní výzkum České republiky 2015–2022	7 452
Akademie věd ČR – celkem	10 352
Informační společnost (Národní program výzkumu)	9 676
Granty výrazně badatelského charakteru zaměřené na oblast výzkumu rozvíjeného v současné době zejména v AV ČR	676