

Sektorové platformy

Identifikace mezer v krajině velkých výzkumných infrastruktur

Předmětem mezinárodního peer-review hodnocení velkých výzkumných infrastruktur ČR v roce 2026 je i **ex-ante evaluace eventuálních nových návrhů velkých výzkumných infrastruktur (VVI)**, jež mohou být předkládány výlučně v souladu s níže definovanými tematickými oblastmi, které byly určeny na základě provedení tzv. „landscape / gap“ analýzy krajiny velkých výzkumných infrastruktur ČR ze strany zástupců příslušných ministerstev a odborné komunity. Některé tematické oblasti byly identifikovány již při minulém mapování v roce 2020, některé jsou identifikovány nyní poprvé.

Adresování identifikovaných „mezer“ v krajině velkých výzkumných infrastruktur ČR nemusí vést nutně pouze k předložení zcela nových návrhů velkých výzkumných infrastruktur. **Uchazeči o zaplnění takto identifikovaných „mezer“ mohou kooperovat s již existujícími velkými výzkumnými infrastrukturami a jejich tematický záběr o aktivity pokrývající identifikované „mezery“ dále rozšířit**, tzn., bez nutnosti předložení návrhu zcela nové velké výzkumné infrastruktury.

FYZIKÁLNÍ VĚDY A INŽENÝRSTVÍ

Řada VVI je zaměřena na moderní charakterizační experimentální techniky nezbytné pro **vývoj pokročilých materiálů a struktur**. Mezi ty finančně náročnější se řadí metody využívající zdroje neutronového a synchrotronového záření. Cestovní mapa VVI ČR tuto oblast poměrně dobře pokrývá (ESS Scandinavia-CZ, CICCR z oblasti energetiky, SPL-HTC). Toto pokrytí je vhodné udržet a případně rozšířit o přístup k některým dalším zdrojům neutronového (např. ILL – Institut Laue-Langevin) či synchrotronového (ESRF – European Synchrotron Radiation Facility) záření. Potřebnost a využitelnost neutronových metod je významná mimo jiné v inženýrství, vývoji nových pokročilých konstrukčních materiálů pro strojírenství, energetiku, automobilový a letecký průmysl. Neutronové metody jsou rovněž nezastupitelné při vývoji nových magnetických materiálů a struktur. Synchrotronové metody nacházejí zásadní uplatnění při vývoji nanomateriálů a technologií tenkých vrstev.

Velmi rychlý a mimořádně úspěšný **rozvoj pozorování gravitačních vln** americko-evropsko-japonským konsorciem LIGO-Virgo-KAGRA v průběhu poslední dekády vedl k možnosti podrobného studia dříve neprobádaných astrofyzikálních procesů. Tato pozorování byla následně propojena s využitím astronomických metod a metod částicové fyziky, jakými jsou astronomické dalekohledy nebo např. experimenty na detekci vesmírných neutrin a kosmického záření. Výsledné „multi-messenger studies“ pak patří k nejcitovanějším publikacím v dotčených oborech. Další impuls v této oblasti přineslo schválení mise Evropské kosmické agentury (ESA) **LISA** (Laser Interferometer Space Antenna) a souvisí taktéž s vývojem podzemního detektoru nové generace **Einstein Telescope** – Einsteinova Teleskopu (ET). Einsteinův Teleskop se aktuálně profiluje jako prestižní a klíčový evropský projekt, ve kterém se může zhodnotit potenciál ČR jak v oblasti samotného výzkumu, tak i laserových technologií. Oblast pozorování gravitačních vln byla identifikována jakožto mezer. Jeví se vhodné, aby i ČR byla do tohoto oboru zapojena, prostřednictvím účasti ve stávajících / budoucích mezinárodních observatořích gravitačních vln.

Některé z identifikovaných mezer nezapadají zcela do schématu velkých výzkumných infrastruktur, ale byl by pro ně vhodnější připravovaný nástroj v podobě technologických infrastruktur. Mezi ně patří:

- Polygon pro testování autonomních pozemních i vzdušných bezpilotních systémů, a to včetně prostředí elektronického rušení. S ohledem na aktuální vývoj jak na poli obranných, tak i civilních technologií lze označit tuto potřebu za vysoce aktuální.
- Unikátní zařízení pro letecký průmysl: Jednou z oblastí, kde výzkumné organizace a podniky dosahují mezinárodních úspěchů, je letecký průmysl. ČR je jedním z mála států v Evropě, který dokáže vlastními silami vyvíjet a vyrábět kompletní letadla a jejich části. Toto průmyslové odvětví je přitom s výzkumem a vývojem neodmyslitelně spjata, je tradičně podporováno vysokými objemy výdajů na výzkum, vývoj a

inovace a vyžaduje řešení v rozsáhlých projektech s řadou účastníků a s potřebou specializovaných a vysoce nákladných výzkumných kapacit.

- Unikátní síť koordinovaných systémů v rámci průmyslového sektoru a jeho okolí (znalostní, dynamické, datové a informační modely a síť virtuálních dvojčat jako nástroje vysokého stupně odolnosti průmyslu v krizových situacích): Charakteristickou přidanou hodnotou výrobního sektoru je koncept Průmysl 4.0, založený na robotizaci, informačním propojení mezi budoucím výrobkem a realizačním procesem, anebo zapojení umělé inteligence do všech částí životního cyklu výrobku. Zásadním předpokladem pro udržitelnou existenci takového konceptu je zajištění nejvyššího stupně odolnosti komplexního řetězce průmyslové výroby, včetně dodavatelsko-odběratelských vazeb, logistického zajištění a dostatečného počtu kvalifikovaných lidských zdrojů. Při napadení systému krizovou událostí se dalekosáhlé negativní dopady na společnost a ekonomiku násobí.
- Unikátní facility a funkcionality pro strojírenské aplikace 21. století: Na základě Národní výzkumné a inovační strategie pro inteligentní specializaci ČR je hospodářský výkon ČR založen na průmyslové výrobě s rozhodujícím postavením oborů opírajících se o znalosti a technologie z oblasti strojírenství. Jedním z hlavních problémů, jež brání intenzivnějšímu využití výsledků výzkumu a vývoje v pokročilých strojírenských oborech, je multioborovost výzkumu, zahrnující všechny klíčové technologie (tzv. KETs) a řadu dalších specializovaných oborů. Zatímco standardní zařízení, metody a expertízy jsou k dispozici v řadě výzkumných organizací i podniků, vysoce specializované a unikátní facility a funkcionality jsou v podmínkách ČR ojedinělé.

ENERGETIKA

V oblasti rozvoje energetických velkých výzkumných infrastruktur se jako významné téma jeví **výzkum spojený s jadernou energetikou**. Zvláštní pozornost by měla být věnována rozvoji kapacit pro **materiálový výzkum, vývoj radiofarmak**, ozařovací služby či poskytování neutronových svazků, a to jak ve vazbě na evropské výzkumné iniciativy, tak i s rozvojem domácích infrastruktur s výhledovou diskuzí o náhradě dosluhujících výzkumných reaktorů.

V oblasti klasické a nízkouhlíkové energetiky je vhodné posílení výzkumné základny se zaměřením na témata nových materiálů a technických řešení zejména pro zvyšování účinnosti přeměny, přenosu a distribuce energie, řízení energetických soustav, včetně prvků chytrých sítí (smart grids) nebo technologií akumulace, a také pro snižování emisí. V neposlední řadě se jako strategicky důležitá jeví oblast vodíkových technologií, která také hraje klíčovou roli při naplňování cílů klimatické neutrality.

Do oblasti překrývající se s technologickými infrastrukturami mohou spadat:

- Rozvoj distribuované výzkumné/technologické infrastruktury zaměřené na pokročilé bezpečnostní technologie (elektronika, detektory, senzory apod.) s využitím v oblastech výzkumu jaderné bezpečnosti, vesmíru, elektroniky, zdravotnictví, vláknové optice a dalších oborů, v návaznosti na průmyslovou výrobu.
- Aktuálním směrem je rovněž výzkum autonomních a hybridních energetických systémů, využitelných v krizových a specifických provozních podmínkách, včetně krizového řízení. Tato oblast může být pokryta výzkumnou/technologickou infrastrukturou pro testování odolnosti systémů vůči elektromagnetickým impulzům (EMP), kybernetickým hrozbám i pro vývoj mobilních zdrojů energie.

ENVIRONMENTÁLNÍ VĚDY

V oblasti environmentálních věd je celá řada témat pokryta existujícími velkými výzkumnými infrastrukturami, které sledují aktuální vývoj a průběžně rozšiřují nabízené výzkumné kapacity ať již v oblasti studia atmosféry (ACTRIS-CZ), globální změny a jejího vlivu na ekosystémy (CzeCOS), vodních ekosystémů (CENAKVA) nebo chemických látek – exposom (RECETOX/EIRENE) či charakterizace nanomateriálů (NanoEnvicZ). Jejich kombinace může uživatelům umožnit studium dopadů změn prostředí na ekonomiku a společnost, ale i zdraví, a kvalitu života

jednotlivce. Propojení infrastrukturních kapacit v těchto doménách může přispět k rozvoji konceptů lidského expozomu i „one health“, akcelarovat výzkum terestrické biodiverzity, přinést pokrok v oblasti cirkulární ekonomiky a porozumění socioekonomickým souvislostem ochrany životního prostředí s přesahem do oblasti infrastruktur nejen environmentálních, ale i biomedicínských a sociálních. Dlouhodobý ekosystémový výzkum, za využití velkých výzkumných infrastruktur, který umožňuje kontinuální sledování změn v krajině a jejich komplexní vyhodnocování může významně přispět v otázce **vlivu environmentálních změn na bezpečnost společnosti a její obranyschopnost** (např. potravinovou bezpečnost, hrozby kontaminace životního prostředí, vliv patogenů, akceschopnost integrovaného záchranného systému, použití vojenské techniky a nasazení jednotek při ozbrojeném konfliktu).

Nedostatečně reflektovaná zůstává kapacita velkých výzkumných infrastruktur zaměřených na **zemědělství a produkční funkci krajiny**. V tomto kontextu je významný výzkum a šlechtění nových odrůd rostlin odolných vůči klimatickým změnám a škodlivým organismům, stejně jako rozvoj fenotypizace rostlin zaměřené na analýzu jejich strukturálních a funkčních vlastností v různých agroklimatických podmínkách. Tato oblast je v evropském měřítku zastřešena infrastrukturou EMPHASIS, označenou jako strategická v rámci ESFRI. Pozornost je potřeba věnovat také udržitelnému hospodaření s přírodními zdroji, a to především z pohledu kvality půdy a zadržování vody v krajině, horninové prostředí a nerostné bohatství nevýmáje. Důvodem je potřeba dostatečného množství informací pro zajištění ochrany a udržitelného využívání půdy (zabránění další degradaci půdy, zachování jejích funkcí a obnova degradované půdy).

Za efektivní cestu k rozvoji environmentálních výzkumných infrastruktur se považuje propojení a modernizace stávajících kapacit napříč doménami. Klíčová je podpora flexibilních forem spolupráce, vznik tematických konsorcií, napojení na evropské iniciativy a využití cílených národních programů. Navržené směry mají potenciál posílit kvalitu a aktuálnost českého výzkumu, přispět k udržitelnosti společnosti a zajistit efektivní přenos poznatků do praxe.

ZDRAVÍ A POTRAVINY

Krajina velkých výzkumných infrastruktur ČR v oblasti domény Zdraví a potraviny je poměrně dobře pokryta stávajícími velkými výzkumnými infrastrukturami od základního výzkumu se systémově biologickými přístupy, až po translační a klinický výzkum, který umožňuje aplikaci nových vědeckých poznatků v medicínské praxi. Páteří sítí pro základní biomedicínský výzkum na úrovni raného stádia vývoje léčiv, tvoří kapacity CZ-OPENSREEN, CIISB a NCMG. CCP (součást INFRAFRONTIER ERIC) spojuje základní výzkum s translací do preklinického výzkumu a navazuje na CZECRIN, BBMRI-CZ a EATRIS-CZ představující interoperabilní síť pracovišť, která v ČR umožňují preklinický, translační a klinický výzkum, a jako klinicky orientovaný celek umožňují zvýšení efektivity základního biomedicínského výzkumu přenosem jeho výsledků do aplikační, klinické oblasti. Integrativními serisy, co do poskytování zařízení pro biologické a medicínské zobrazování, resp. co do zdrojů pro zpracování, analýzu a archivaci dat z oblasti věd o živé přírodě, pak krajinu biomedicínských velkých výzkumných infrastruktur v ČR doplňují Czech-BioImaging a ELIXIR-CZ. Oblast potravin a výživy pokrývá METROFOOD-CZ.

Pandemie COVID-19 ukázala na potřebu výzkumné infrastruktury pro **studium patogenních činitelů**, zejména virů a komplexních komunit mikroorganismů, disponující zabezpečenými laboratořemi úrovně BSL3/4 s možností zaměření jak na kultivaci virů a mikroorganismů, tak i na výzkum jejich interakce s živými systémy a okolním prostředím. Nezanedbatelnou součástí tohoto zaměření by měla být i sekvenace a výzkum jejich genomů. Takováto výzkumná infrastruktura by kromě výzkumu umožňovala rychlejší reakci v případě další pandemie a jejím prostřednictvím by se ČR mohla zapojit evropské infrastruktury ERINHA.

Vedle výše uvedených specializovaných infrastruktur pro oblast zdraví a potravin roste potřeba systematické podpory **mezisektorových výzkumných infrastruktur**, které nejsou primárně zdravotnické, ale disponují významnou medicínskou komponentou a přispívají k rozvoji **inovací ve zdravotnictví**. Příkladem jsou zařízení pro výzkum radiofarmak (v návaznosti na výzkumné reaktory provozované v rámci VVI CICRR), které by mohly být integrované do vhodných stávajících výzkumných infrastruktur s existujícími komplexními službami v oblasti radiofarmak.

SOCIÁLNÍ A HUMANITNÍ VĚDY

Významnými trendy moderního výzkumu s potenciálem razantní změny nástrojů pro humanitní a sociální vědy se stávají především **umělá inteligence**, význam datových služeb v rámci implementace politiky otevřené vědy a zajištění potřebných standardů a integrace do mezinárodního prostoru a dostupnost dat v souvislosti s potřebou čelit současným krizím. Stávající české velké výzkumné infrastruktury se zmíněným trendům intenzivně věnují, jak v národním, tak nadnárodním rámci, pro potřeby zkoumání důsledků využívání umělé inteligence se jejich služby úzce prolínají s moderními technologiemi. Výrazná je např. práce v oblasti zapojení umělé inteligence do jazykových technologií realizovaná prostřednictvím infrastruktury LINDAT/CLARIAH-CZ. Tato infrastruktura také zaplnila dříve identifikovanou mezeru v krajině českých velkých výzkumných infrastruktur rozšířením své činnosti o zapojení se do evropské výzkumné infrastruktury pro studium holocaustu (EHRI), umožňující výzkumné komunitě přístup k datům a k informacím o nejrůznějších informačních zdrojích období holocaustu a vyvíjení metod a prostředků, jak s těmito zdroji pracovat. Došlo též k zaplnění dříve identifikované mezery vznikem infrastruktury pro studium problematiky rodinného života a strategií, postojů a chování lidí, co se týká zakládání rodin, rodičovství, péče o děti, péče o starší rodinné příslušníky, bydlení, chování na trhu práce, stárnutí apod., v podobě Českého národního uzlu pro výzkum rodiny (GGP-CZ).

Zvýšená potřeba dostupnosti dat v souvislosti s potřebou čelit současným krizím se promítá do **rozšiřování služeb sociálně-vědních infrastruktur**. Dynamické společenské, ekonomické, demografické a politické změny, rostoucí sociální nerovnosti, otázky rovných příležitostí, polarizace společnosti a sociální konflikty patří mezi hlavní výzvy soudobých společností. Existující datová základna v České republice nezohledňuje, že řada sociálních a ekonomických procesů není individuální povahy, ale vzniká vzájemnou interakcí členů domácností a interakcí mezi rozdílnými oblastmi života, bylo by vhodné posílit informace získávané nejen o jedincích, ale o domácnostech a rodinách. Pro podporu výzkumu v těchto oblastech by bylo vhodné uvažovat o zapojení ČR do evropských projektů, jako je MEDem (Monitoring Electoral Democracy), který podporuje zkoumání volební stránky demokracie, jednání voličů, stran a elit a jejich vliv na tvorbu politiky, či projekt GUIDE (Growing Up in Digital Europe), který se bude soustředit na srovnávací kohortní studie zaměřené na well-being a psychosociální vývoj dětí a mladých lidí v Evropě a sledování klíčových ukazatelů prostředí, ve kterém děti vyrůstají. Větší pozornost by měla být rovněž věnována datům ke **zkoumání zdraví a sociálních vztahů stárnoucí populace**, o která rozšiřuje své působení SHARE-CZ ve spolupráci s infrastrukturami z oblasti prostředí a zdraví (např. EIRENE RI).

V oblasti nejmodernějšího **výzkumu a ochrany předmětů kulturního dědictví** jsou potřebné technologicky inovativní analytické nástroje, které umožňují snížit invazivnost postupů a přinášejí nové možnosti z hlediska míry citlivosti, hloubky a komplexnosti studia. Tyto nástroje zahrnují **služby archivů vědeckých informací**, virtuálních platform pro přístup k datům a zařízení urychlovačů, synchrotronů, neutronových zdrojů a dalších analytických metod. Svým multidisciplinárním charakterem jsou tak na pomezí fyzikálních a humanitních věd, resp. představují využití fyzikálních metod v humanitních vědách. Na evropské úrovni je toto téma pokryto prostřednictvím E-RIHS ERIC (*European Research Infrastructure for Heritage Science*). Zapojení ČR do E-RIHS na základě projektu systematického využití dnes již existujících českých kapacit – v podobě multidisciplinární velké výzkumné infrastruktury pro studium a ochranu kulturního dědictví – by měl bezesporu pozitivní dopad na konkurenceschopnost řady oborů humanitních věd a na ochranu kulturního dědictví v ČR.

eINFRASTRUKTURY

Služby e-infrastruktur zajišťuje v ČR velká výzkumná infrastruktura e-INFRA CZ, tvořená konsorciem CESNET, IT4Innovations/VŠB-TUO a CERIT-SC/MU. Poskytuje komplexní ICT služby na národní úrovni pro výzkum, vývoj a inovace. Je klíčová pro digitalizaci a moderní vědecké prostředí. Hlavní oblasti činnosti e-INFRA CZ zahrnují komunikační infrastrukturu napojenou na evropskou síť GÉANT, nejvýkonnější superpočítačové systémy v ČR ve spolupráci s evropskou iniciativou EuroHPC, distribuované výpočetní a úložné kapacity a služby realizované ve vazbě na evropskou iniciativu European Open Science Cloud (EOSC), podporu využití technologií a služeb e-INFRA CZ včetně vzdělávání a školení a zavádění nových technologií, např. kvantového počítání a kvantové komunikace.

V současné době jsou rozvíjeny další strategické oblasti, jedná se o **podporu AI komunit a integraci AI nástrojů** do výzkumu, vývoje a inovací. V evropském kontextu se jedná o budování tzv. AI Factories – specializovaných center propojujících superpočítače, datové zdroje a vývojové kapacity pro AI, ve kterém je e-INFRA CZ zapojená

díky participaci IT4Innovations (IT4I) v konsorciu LUMI AI. V oblasti EOSC a péče o FAIR data vzniká národní datová platforma, která zajistí dobře spravovaná a kvalitní data pro vědu a trénování AI modelů. ("FAIR data ready for AI use"). Tato oblast bude dále nabývat na důležitosti a pro následné období 2027–2034 je společně s AI technologiemi klíčová v rozvoji české vědy.

V oblasti kvantové technologie byl IT4I instalován kvantový počítač VLQ a v rámci evropské iniciativy EuroQCI se zapojila e-INFRA CZ do projektu CZQCI pro vybudování bezpečné národní kvantové komunikační infrastruktury.

Zejména v oblasti medicínských aplikací a obranného/bezpečnostního výzkumu je nutné **zajištění činnosti e-infrastruktury** tak, aby mohla **pracovat s citlivými a klasifikovanými daty**. Oblasti využití by se pak mohly týkat i **vývoje a testování pokročilých obranných technologií, autonomních systémů**, simulace moderního bojiště, kybernetických a informačních operací nebo podpory rozhodovacích procesů v reálném čase apod.