

Přehled roku 2022

Naše superpočítače
pomáhají vědě, průmyslu
a společnosti.

Obsah

4	ÚVODNÍ SLOVO ŘEDITELE IT4INNOVATIONS
8	PŘEDSTAVENÍ IT4INNOVATIONS
10	HISTORIE
11	MISE, VIZE, HODNOTY A ČLENSTVÍ
12	ORGANIZAČNÍ STRUKTURA
16	VÝZNAMNÉ UDÁLOSTI V ROCE 2022
20	FINANČNÍ PŘEHLED
20	PROVOZNÍ A INVESTIČNÍ NÁKLADY
21	ZDROJE FINANCOVÁNÍ
24	SOUHRNNÝ VÝČET PROJEKTŮ
26	SUPERPOČÍTAČOVÉ SLUŽBY
28	TECHNICKÉ PARAMETRY SUPERPOČÍTAČŮ
32	PŘIDĚLOVÁNÍ VÝPOČETNÍHO ČASU
36	VÝZKUM A VÝVOJ
38	VLAJKOVÉ LODĚ VE VÝZKUMU A VÝVOJI
40	PŘEHLED VÝSLEDKŮ VÝZKUMU A VÝVOJE V ROCE 2022
48	LABORATOŘ PRO NÁROČNÉ DATOVÉ ANALÝZY A SIMULACE
49	LABORATOŘ PRO VÝZKUM INFRASTRUKTURY
50	LABORATOŘ VÝVOJE PARALELNÍCH ALGORITMŮ
51	LABORATOŘ MODELOVÁNÍ PRO NANOTECHNOLOGIE
54	LABORATOŘ PRO BIG DATA ANALÝZY
56	VZDĚLÁVACÍ A ŠKOLICÍ AKTIVITY
56	VZDĚLÁVACÍ AKTIVITY
57	ŠKOLICÍ AKTIVITY
58	PRACE SUMMER OF HPC
60	SEZNAM PROJEKTŮ
60	NÁRODNÍ PROJEKTY
60	Projekty v oblasti superpočítačových služeb
62	Projekty v oblasti výzkumu a vývoje
71	Projekty v oblasti vzdělávání
71	Projekty VŠB-TUO, na kterých se podílíme
74	MEZINÁRODNÍ PROJEKTY
74	Projekty v oblasti superpočítačových služeb
74	Projekty v oblasti výzkumu a vývoje
78	Projekty v oblasti vzdělávání
80	SEZNAM ZKRATEK

Úvodní slovo ředitele IT4Innovations

Rok 2022 je za námi a nabízí se tedy ohlédnutí za tím, jaký tento rok byl. Zkráceně řečeno, je za námi další rok lemovaný tu menšími tu většími úspěchy, o které bych se s Vámi na dalších řádcích rád podělil.

Základním kamenem činnosti našeho centra je provozování superpočítačů a poskytování výpočetních zdrojů nejen vědecké ale i průmyslové komunitě. Nejnovějším přírůstkem na našem datovém sále jsou komplementární systémy sestávající z několika hardwarových platforem, které poskytují přístup k nastupujícím, netradičním nebo úzce specializovaným hardwarovým architekturám, které zatím nejsou v superpočítačových centrech běžné. Na nový superpočítač si sice zatím počkáme, nicméně české vědecké komunitě umožňujeme od loňska přístup k nejvýkonnějšímu evropskému superpočítači LUMI díky našemu členství ve stejnojmenném konsorciu. Jen připomínám, že jsme součástí jeho řídicí struktury, poskytujeme odbornou podporu uživatelům, či vyvíjíme softwarové nástroje jako je HyperQueue, které umožňují uživatelům efektivně využívat dostupné výpočetní zdroje tohoto třetího nejvýkonnějšího superpočítače světa. Na spolupráci v rámci LUMI konsorcia jsme navázali podáním projektu LUMI-Q do soutěže EuroHPC JU na umístění a provozování kvantového počítače, ve které jsem obstál a v roce 2024 se snad v našem centru dočkáme této unikátní technologie. Tento kvantový počítač se tak stane vůbec prvním kvantovým počítačem v České republice.

Úspěšní jsme byli rovněž v oblasti výzkumných projektů – nově odstartovaly mezinárodní projekty EUPEX, OpenWebSearch a BioDT a celkově jsme tak byli v roce 2022

zapojeni v 15 mezinárodních projektech financovaných z programu Horizont 2020 nebo Horizont Evropa, včetně Centra excellence POP2. Do třetího roku fungování vstoupilo Národní centrum kompetence pro HPC, jehož činnost v České republice zastřešuje právě naše superpočítačové centrum. Z výzkumu našich kolegů bych zde chtěl vyzdvihnout získání ocenění za nejlepší vědecký poster na největší světové konferenci zabývající se HPC – SC23, či objev kolegů a kolegyní, který byl uveřejněn v časopise Nature Communications zabývající se využitím odpadů z výroby bionafty na užitečný produkt, zvyšující účinnost stávajících biopaliv. Mé velké gratulace patří profesorovi Pavlu Hobzovi, který získal cenu Nadačního fondu Neuron v oboru chemie.

Naše centrum nespolupracuje výhradně s akademickou sférou, ale část svých aktivit směřuje také na spolupráci s průmyslem. Minulý rok došlo ke spojení aktivit IT4Innovations, Fakulty elektrotechniky a informatiky, které jsou součástí VŠB – Technické univerzity Ostrava, a Moravskoslezského inovačního centra Ostrava a vznikl tak Evropský digitální inovační hub Ostrava. Ten od letošního roku podporuje zavádění a využívání digitálních technologií primárně v malých a středních firmách s cílem podpory jejich konkurenceschopnosti.

Rovněž vzdělávání je nedílnou součástí aktivit, které poskytujeme zájemcům nejen z řad našich uživatelů, ale i širší odborné veřejnosti. V loňském roce se nám podařilo uspořádat neuvěřitelných 17 kurzů a workshopů, které přilákaly téměř 600 zájemců. Zároveň byl spuštěn zcela ojedinělý celoevropský studijní program pro magisterské studenty zaměřený na vzdělávání v oblasti vysoce výkonného počítání EUMaster4HPC. Jsem velmi rád, že jsme od počátku jeho součástí a můžeme toto studium zprostředkovat také studentům z České republiky.

Minulý rok se ale nenesl jen v duchu pozitivních zpráv. Poprvé za historii našeho centra jsme byli nuceni přistoupit k odstávce všech systémů na několik týdnů, což bylo způsobeno krachem dodavatele elektrické energie a jejím následným enormním zdražením. Naštěstí se nám tuto krizi podařilo díky mimořádnému příspěvku ze strany MŠMT vyřešit a brzy jsme opět mohli veškeré naše výpočetní zdroje plně nabízet uživatelům.

Má závěrečná slova obvykle patří mým kolegyním a kolegům, kteří stojí za IT4Innovations. Projděte si, prosím, podrobně náš Přehled roku 2022 a přesvědčte se sami, že toho za námi stojí opravdu hodně. Děkuji proto všem, kteří se na všech těchto výsledcích podíleli.



Vít Vondrák

ředitel IT4Innovations národního
superpočítačového centra



↔ Budova IT4Innovations byla slavnostně otevřena v roce 2014.

1

Představení IT4Innovations

IT4Innovations národní superpočítačové centrum (IT4Innovations) je vysokoškolským ústavem VŠB – Technické univerzity Ostrava. Jedná se o přední výzkumné, vývojové a inovační centrum v oblasti vysoce výkonného počítání (HPC), datových analýz (HPDA), kvantového počítání (QC), umělé inteligence (AI) a jejich aplikací do dalších vědeckých, průmyslových i společenských oborů, které provozuje nejvýkonnější superpočítačové systémy v České republice. IT4Innovations společně s e-infrastrukturami CESNET a CERIT-SC tvoří strategickou výzkumnou infrastrukturu České republiky e-INFRA CZ. Tato infrastruktura je vedena v Cestovní mapě velkých výzkumných infrastruktur České republiky pro výzkum, experimentální vývoj a inovace, kterou sestavuje Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy České republiky (MŠMT).

IT4Innovations poskytuje od roku 2013 nejmodernější superpočítačové technologie a služby jak českým, tak i zahraničním výzkumným týmům z akademické i soukromé sféry za účelem zvýšení konkurenceschopnosti a inovativnosti české vědy a průmyslu.

V současné době IT4Innovations provozuje tři superpočítače: **Karolina** (15,7 PFlop/s, instalovaný v létě 2021), **Barbora** (849 TFlop/s, instalovaný na podzim 2019) a specializovaný systém pro výpočty umělé inteligence **NVIDIA DGX-2** (2 PFlop/s pro AI, instalovaný na jaře 2019). Superpočítač Karolina, pořízen v rámci celoevropského společného podniku EuroHPC a projektu OP VVV Cesta k exascale, byl v roce instalace nejvýkonnějším superpočítačem v ČR, 69. na světě dle žebříčku TOP500 a v žebříčku Green500 energeticky nejúčinnějších superpočítačů obsadil skvělé 8. místo. Prvními superpočítači instalovanými v IT4Innovations byly Anselm (94 TFlop/s, instalovaný v létě 2013) a Salomon (2 PFlop/s, instalovaný v létě 2015), jejichž provoz byl ukončen v roce 2021.

České výzkumné komunity však mají kromě superpočítačů provozovaných v IT4Innovations od konce roku 2021 přístup také k superpočítači **LUMI**, a to díky členství IT4Innovations ve stejnojmenném konsorciu. LUMI je se špičkovým teoretickým výkonem 428 PFlop/s nejvýkonnějším evropským superpočítačem a nachází se ve finském Kajaani. IT4Innovations se podílí rovněž na jeho provozování.

Stěžejními tématy výzkumu IT4Innovations jsou zpracování a analýza rozsáhlých dat, strojové učení, kvantové počítání, vývoj paralelních škálovatelných algoritmů, řešení náročných inženýrských úloh, pokročilá vizualizace, virtuální realita, modelování pro nanotechnologie a vývoj nových materiálů.

Výzkumné aktivity IT4Innovations se realizují v pěti laboratořích:

- Laboratoř pro náročné datové analýzy a simulace,
- Laboratoř pro výzkum infrastruktury,
- Laboratoř vývoje paralelních algoritmů,
- Laboratoř modelování pro nanotechnologie,
- Laboratoř pro big data analýzy.

IT4Innovations je v současnosti Národním centrem kompetence pro HPC, členem Center excellence MaX a Space a partnerem více než 10 dalších mezinárodních projektů programu Horizont 2020 a Horizont Evropa, přičemž projekt EXA4MIND koordinuje.

IT4Innovations je velmi aktivní ve spolupráci s průmyslem. V roce 2022 vznikl Evropský digitální inovační hub Ostrava (EDIH Ostrava) spojením aktivit IT4Innovations národního superpočítačového centra, Fakulty elektrotechniky a informatiky, které jsou součástí VŠB – Technické univerzity Ostrava, a Moravskoslezského inovačního centra Ostrava. EDIH Ostrava je součástí sítě Evropských digitálních inovačních hubů, které podporují zavádění a využívání digitálních technologií primárně v malých a středních firmách s cílem podpory jejich konkurenceschopnosti. Vznik EDIH Ostrava byl podpořen prostřednictvím stejnojmenného projektu programu Digitální Evropa.

IT4Innovations se nezaměřuje pouze na poskytování přístupu ke špičkovým výpočetním systémům či aktivity ve výzkumu a vývoji, ale nabízí také **širokou škálu odborných školení** zaměřených na HPC, HPDA, AI, QC a získání znalostí potřebných k efektivnímu využívání superpočítačové infrastruktury. Ve zmíněných oblastech se IT4Innovations taktéž podílí na vzdělávání odborníků zejména v rámci magisterského studijního programu Výpočetní a aplikovaná matematika a doktorského studijního programu **Informatika a výpočetní vědy**. Programy jsou realizovány společně s Fakultou elektrotechniky a informatiky VŠB-TUO. Zaměstnanci centra se dále podílí na výuce ve výpočetně zaměřených studijních programech, které nabízí VŠB-TUO od bakalářských až po doktorské studijní programy, jako jsou výpočetní a aplikovaná matematika, informatika, nanotechnologie, či aplikovaná mechanika. Na podzim roku 2022 byl spuštěn první celoevropský magisterský studijní program zaměřený na problematiku vysoce výkonného počítání **EUMaster4HPC**, a to pod záštitou významných evropských univerzit ze stejnojmenného mezinárodního projektového konsorcia, jehož je IT4Innovations členem.

Historie

• **2011** → založení IT4Innovations → členství v PRACE (Partnership for Advanced Computing in Europe) • **2013** → spuštění superpočítače Anselm • **2014** → otevření budovy IT4Innovations • **2015** → zprovoznění superpočítače Salomon • **2016** → členství v ETP4HPC (European Technology Platform for High-Performance Computing) • **2018** → Česká republika se připojuje k EuroHPC JU, na jehož aktivitách se IT4Innovations významně podílí → IT4Innovations součástí H2020 Centra excellence POP2 a je registrováno jako DIH Evropskou komisí • **2019** → spuštění superpočítačů Barbora a NVIDIA DGX-2 → členství v BDVA (Big Data Value Association) a EUDAT CDI (EUDAT Collaborative Data Infrastructure) → vznik e-INFRA CZ → start H2020 projektu LEXIS, jehož bylo IT4Innovations koordinátorem • **2020** → vznik Digitálního inovačního hubu Ostrava → IT4Innovations se stává Národním centrem kompetence pro HPC • **2021** → spuštění superpočítače Karolina → ukončení provozu superpočítačů Anselm a Salomon → členství v EOSC Association • **2022** → vznik Evropského digitálního inovačního hubu Ostrava (EDIH Ostrava) → schválen projekt konsorcia LUMI-Q na umístění kvantového počítače v IT4Innovations

Mise, vize, hodnoty a členství

Mise Realizovat excelentní výzkum v oblasti velmi náročných výpočtů a datových analýz a provozovat přední národní superpočítačovou infrastrukturu, zprostředkovávat její efektivní využití za účelem zvýšení konkurenceschopnosti a inovativnosti české vědy a průmyslu.

Vize IT4Innovations chce být předním superpočítačovým centrem, které poskytuje profesionální služby a realizuje excelentní výzkum v oblasti velmi náročných výpočtů a zpracování rozsáhlých dat ku prospěchu vědy, průmyslu i celé společnosti.

Členství IT4Innovations se významně podílí na aktivitách celoevropského společného podniku EuroHPC a je členem v klíčových evropských infrastrukturách, iniciativách a sdruženích v oblasti HPC a HPDA. Jedná se například o následující:

- BDVA – Big Data Value Association
- EOSC – European Open Science Cloud
- ETP4HPC – European Technology Platform for High-Performance Computing
- EUDAT CDI – EUDAT Collaborative Data Infrastructure
- LUMI – Large Unified Modern Infrastructure
- PRACE – Partnership for Advanced Computing in Europe

Organizační struktura

Organizační struktura
IT4Innovations

Vědecká rada | Ředitel | doc. Mgr. Vít Vondrák, Ph.D.

Vědecký ředitel | prof. Ing. Tomáš Kozubek, Ph.D.

- Laboratoř pro náročné datové analýzy a simulace | Ing. Jan Martinovič, Ph.D.
- Laboratoř pro výzkum infrastruktury | doc. Ing. Lubomír Říha, Ph.D.
- Laboratoř vývoje paralelních algoritmů | Ing. Tomáš Karásek, Ph.D.
- Laboratoř modelování pro nanotechnologie | prof. RNDr. Michal Otyepka, Ph.D.
- Laboratoř pro big data analýzy | prof. Ing. Miroslav Vozňák, Ph.D.
- Oddělení školení a vzdělávání | Ing. Karina Pešatová, MBA

Ředitel superpočítačových služeb | Mgr. Branislav Jansík, Ph.D.

- Oddělení provozu a správy HPC | Ing. et Ing. Radovan Pasek
- Oddělení uživatelské podpory | Ing. Petra Lyčková Navrátilová

- Oddělení komunikace | Mgr. Zuzana Červenková
- Oddělení veřejných zakázek a právních služeb | Ing. Jan Juřena
- Ekonomické oddělení | Ing. Petr Válek
- Oddělení bezpečnosti, provozu a správy budov | Ing. Helena Starková
- Oddělení rozvoje | Mgr. Martin Duda

Vědecká rada
IT4Innovations

Předseda | doc. Mgr. Vít Vondrák, Ph.D.

Členové interní

- prof. Ing. Tomáš Kozubek, Ph.D.
- Mgr. Branislav Jansík, Ph.D.
- Ing. Jan Martinovič, Ph.D.
- doc. Ing. Lubomír Říha, Ph.D.
- Ing. Tomáš Karásek, Ph.D.
- prof. RNDr. Michal Otyepka, Ph.D.
- prof. Ing. Miroslav Vozňák, Ph.D.

Členové externí

- prof. Mgr. Jiří Damborský, Dr. | Loschmidtovy laboratoře Masarykovy univerzity
- doc. Ing. Jiří Jaroš, Ph.D. | Fakulta informačních technologií Vysokého učení technického v Brně
- Ing. Jakub Šístek, Ph.D. | Matematický ústav Akademie věd České republiky
- doc. Ing. Pavel Jelínek, Ph.D. | Fyzikální ústav Akademie věd České republiky
- prof. RNDr. Jaroslav Pokorný, CSc. | Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy

Zaměstnanci
IT4Innovations

Počet zaměstnanců IT4Innovations po přepočtu na ekvivalent plného pracovního úvazku (FTE) činil v roce 2022 celkem 148,14 FTE, z toho tvořilo:

22 % Management a administrativa

14 % Superpočítačové služby

64 % Výzkum a vývoj

- 43 % Laboratoř pro náročné datové analýzy a simulace
- 20 % Laboratoř modelování pro nanotechnologie
- 17 % Laboratoř vývoje paralelních algoritmů
- 16 % Laboratoř pro výzkum infrastruktury
- 4 % Laboratoř pro big data analýzy



KAROLINA

KAROLINA

KTU TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA
STATIONARIONS NATIONAL SUPERCOMPUTING CENTER
EUROPEAN UNION
European Structural and Investment Funds
Development Programme Research, Development and Education
EUROHPC
and Heterogeneity
Co-funded by the European Union
Hewlett Packard Enterprise

100% IT4I
Co-funded by the European Union
Hewlett Packard Enterprise

↔ Superpočítač Karolina byl uživatelům výpočetní infrastruktury zpřístupněn v srpnu 2021.

2

Významné události

Leden

→ IT4Innovations se zapojilo do projektu **EUPEX** (EUropean Pilot for EXascale), jehož cílem je vyvinout prototyp evropské exascalové superpočítačové platformy včetně softwarového stacku a vybraných HPC aplikací.

→ Zahájen H2020 projekt **EUMaster4HPC** (European Master for High Performance Computing), jehož cílem je vytvořit a následně i realizovat první celoevropský magisterský studijní program zaměřený na problematiku HPC.

→ Vědci z několika českých výzkumných ústavů včetně IT4Innovations vyvinuli **novou anodu pro lithium-iontové baterie** na bázi kyseliny grafenové – hustě karboxylovaného derivátu grafenu. Výsledky výzkumu zveřejnil prestižní časopis pro energetický výzkum *Advanced Energy Materials*.

Únor

→ Studiu struktur **křemíkových nanodrátků pro přípravu solárních článků** se na prestižní École Polytechnique v Palaiseau od února věnoval Lukáš Halagačka z IT4Innovations.

Březen

→ Mezinárodní ocenění **PRACE Summer of HPC 2021 Ambassador Award** získaly Jenay Patel a Carola Ciaramelletti za práci na projektu, který mentorovali vědci z IT4Innovations.

→ Uživatelům IT4Innovations je plně k dispozici **datové úložiště PROJECT** s kapacitou 15 PB.

Duben

→ Proběhla modernizace seminární místnosti v IT4Innovations, která pojme 37 osob a je vybavena nejmodernější audiovizuální technikou.

Květen

→ Proběhl 5. ročník konference **HPCSE** (The High Performance Computing in Science and Engineering Conference) organizované IT4Innovations.

→ Superpočítač LUMI získal 3. místo mezi nejvýkonnějšími superpočítači světa žebříčku TOP500.

→ LUMI se stal zároveň evropským číslem jedna, a to i z hlediska energetické účinnosti. K jeho výpočetním zdrojům mají přístup také akademičtí pracovníci z České republiky díky členství IT4Innovations ve stejnojmenném konsorciu.

Červen

→ Špičkové evropské výzkumné infrastruktury, včetně IT4Innovations, se spojily v nově vzniklém projektu **BioDT** (Biodiversity Digital Twin for Advanced Modelling, Simulation and Prediction Capabilities), financovaném programem Horizont Evropa. Společně navrhnu a vyvinou prototyp digitálního dvojčete pro výzkum a analýzu biologické rozmanitosti za účelem podpory Strategie EU v oblasti biodiverzity do roku 2030.

→ Proběhla **slavnostní inaugurace superpočítače LUMI**. Na financování se kromě celoevropského společného podniku EuroHPC podílely také státy konsorcia LUMI včetně České republiky.

Červenec

→ Velvyslanci zasedající ve **Výboru stálých zástupců členských států v Radě EU** navštívili IT4Innovations.

→ IT4Innovations spolupořádalo konferenci **International Conference on Domain Decomposition Methods (DD27)** v Praze, kde se sešly světové špičky v oboru, který spojuje numerickou matematiku se světem výkonných superpočítačů.

Září

→ Zahájen projekt programu Horizont Evropa **OpenWebSearch.EU** koordinovaný německou Universitát Passau. Cílem projektu je vytvořit otevřenou evropskou infrastrukturu pro webové vyhledávání.

→ Výzkumníci z IT4Innovations uspořádali v Praze [hackathon pro rozvoj softwaru Fiji](#) pro zpracování biologických obrazů.

→ Nový recyklovaný [materiál, který dokáže ve vodě odhalit i likvidovat těžké kovy](#), vyvinuli vědci z IT4Innovations ve spolupráci s vědci z několika výzkumných ústavů. Výsledky výzkumu publikoval odborný časopis Small.

→ Na [Noc vědců](#) zavítalo do IT4Innovations rekordních 900 návštěvníků.

Říjen

→ Profesor [Pavel Hobza](#), který je členem týmu Laboratoře modelování pro nanotechnologie, získal [Cenu NF Neuron](#) v oboru chemie.

→ Georg Zitzlsberger získal další dvě certifikace v rámci programu NVIDIA Deep Learning Institute pro oblast AI – Applications of AI for Anomaly Detection a Applications of AI for Predictive Maintenance.

→ Kristian Kadlubiak úspěšně absolvoval certifikační program pro školitele Train the Trainer Program na téma paralelní programování, a to pod záštitou Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart (HLRS).

Listopad

→ Vznikl [Evropský digitální inovační hub Ostrava](#) spojením aktivit IT4Innovations, Fakulty elektrotechniky a informatiky VŠB-TUO a Moravskoslezského inovačního centra Ostrava.

→ Proběhl 6. ročník [Konference uživatelů IT4Innovations](#). Po dvou letech virtuálního setkávání způsobené pandemií COVID-19 se na tomto ročníku sešlo 80 hostů.

→ Markéta Hrabánková, Ondřej Meca, Tomáš Brzobohatý, Lubomír Říha, Milan Jaroš a Petr Strakoš vyhráli se svým příspěvkem „Toward Scalable Voxelization of Meshes with High Growth Rate“ ocenění [Nejlepší vědecký poster konference SC22](#), která se konala v americkém Dallasu.

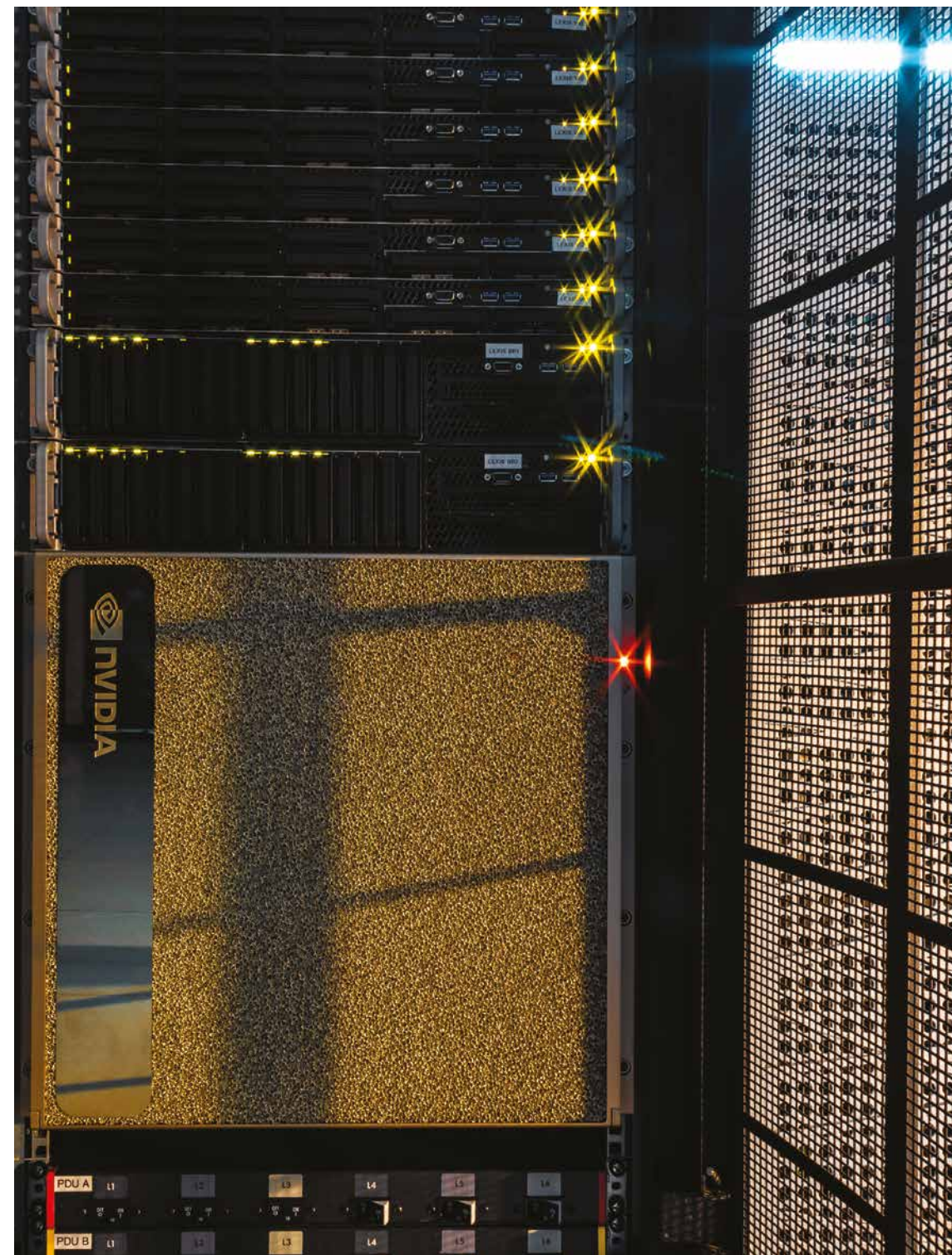
→ Do provozu byly uvedeny [komplementární systémy](#) (fáze I), ve kterých jsou zároveň nasazené nové programové modely, knihovny a nástroje pro vývoj aplikací.

→ IT4Innovations spoluorganizovalo v Praze konferenci [European Big Data Value Forum](#) (EBDVF) 2022, které se zúčastnilo více než 400 hostů.

Prosinec

→ IT4Innovations se podílelo na vývoji a zdokonalení specializovaných softwarů pro jednodušší a rychlejší zkoumání proteinů, a to v rámci projektu [Centra PerMed](#). Software, bezplatně zpřístupněné vědeckým pracovníkům, otevírají nové možnosti pro vývoj léků.

→ IT4Innovations spolupracovalo s [Policíí České republiky](#) a společně vyvinuli nástroj pro efektivnější boj s kriminalitou.



↔ NVIDIA-DGX2

Specializovaný výpočetní systém NVIDIA DGX-2 je navržen tak, aby řešil nejnáročnější úlohy umělé inteligence, při kterých dosahuje špičkového výkonu 2 PFlop/s. V IT4Innovations byl instalován v roce 2019.

3

Finanční přehled

Bilance hospodaření IT4Innovations

Celkové náklady IT4Innovations činily **305.388.000 Kč**. Z této částky byly provozní (neinvestiční) náklady rovny 94,3 %, investiční (kapitálové) náklady tvořily 5,7 %.

Provozní náklady dosáhly v roce 2022 výše 288 milionů Kč. Jejich největší část tvořily mzdové výdaje, režijní výdaje a služby (náklady za spotřebu elektrické energie, servis provozovaných systémů a podpůrné infrastruktury, technickou a systémovou podporu atd.).

Investiční náklady v roce 2022 dosáhly 17,3 milionů Kč a zahrnovaly pořízení kompletních systémů – fáze I, měření elektrické energie na datovém sále i modernizaci seminární místnosti.

V roce 2022 bylo dosaženo zisku před zdaněním ve výši 7.154.000 Kč.

Bilance hospodaření IT4Innovations

Mzdové výdaje – výzkumné týmy	83.768.000 Kč
Režijní výdaje	64.401.000 Kč
Služby	62.923.000 Kč
Mzdové výdaje – řízení a administrativa	37.587.000 Kč
Mzdové výdaje – superpočítačové služby	20.325.000 Kč
Zahraniční a domácí pracovní cesty	9.163.000 Kč
Drobný dlouhodobý hmotný majetek	4.223.000 Kč
Stipendia	1.920.000 Kč
Poplatky	1.897.000 Kč
Spotřební materiál	1.610.000 Kč
Ostatní náklady	245.000 Kč
A. Celkem provozní náklady	288.062.000 Kč
Dlouhodobý hmotný majetek – stroje a zařízení	14.481.000 Kč
Dlouhodobý hmotný majetek – stavby	1.579.000 Kč
Dlouhodobý nehmotný majetek	1.266.000 Kč
B. Celkem investiční náklady	17.326.000 Kč
C. Celkem náklady (A+B)	305.388.000 Kč
D. Celkem zdroje financování	312.542.000 Kč
E. Celkem bilance (D-C)	7.154.000 Kč

Zdroje financování

V roce 2022 hospodařilo IT4Innovations se zdroji ve výši 312.542.000 Kč. Největší podíl na zdrojích financování měly národní granty následované strukturálními fondy. Třetím nejdůležitějším zdrojem financování IT4Innovations byly mezinárodní projekty.

Zdroje financování nákladů ústavu

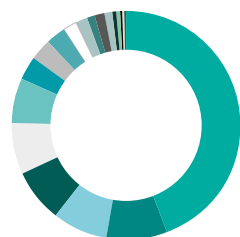
Celkem 312.542.000 Kč



- 41,7 % Národní granty
- 19,7 % Strukturální fondy
- 17,6 % Mezinárodní granty
- 10 % Dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace
- 6,9 % Vlastní prostředky
- 2,7 % Smluvní výzkum a pronájem výpočetního času
- 1,4 % Ostatní

Mezinárodní projekty

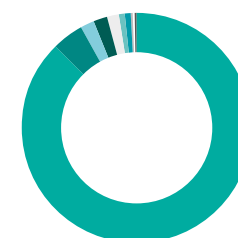
Celkem 55.039.000 Kč



- 44,3 % EUROCC
- 8,5 % ACROSS
- 7,9 % EVEREST
- 7,5 % LIGATE
- 7,2 % SCALABLE
- 6,5 % IO-SEA
- 3,2 % EUPEX
- 3,0 % OPENQKD
- 2,9 % s-NEBULA
- 1,9 % EXPERTISE
- 1,7 % PRACE 6IP
- 1,2 % LEXIS
- 1,2 % POP2
- 1,1 % BioDT
- 0,6 % OpenWebSearch.EU
- 0,5 % EUMaster4HPC
- 0,5 % Sctrain
- 0,2 % DICE
- 0,1 % ExaQute

Národní projekty

Celkem 130.437.000 Kč



- 87,9 % Projekty velkých infrastruktur pro VaVal – MŠMT
- 4,4 % TREND – TAČR
- 2 % Standardní projekty – GAČR
- 1,9 % THÉTA – TAČR
- 1,8 % Centra kompetence – TAČR
- 0,9 % Mezinárodní grantové projekty hodnocené na principu LEAD Agency – GAČR
- 0,6 % Bezpečnostní výzkum České republiky – MV ČR
- 0,3 % INTER-EXCELLENCE II, podprogram INTER-ACTION – MŠMT ČR
- 0,1 % Podpora vědy a výzkumu v Moravskoslezském kraji – MSK
- 0,1 % Podpora mobility výzkumných pracovníků a pracovníc v rámci mezinárodní spolupráce ve VaVal – MŠMT ČR

Strukturální fondy

Celkem 61.466.000 Kč



- 84 % Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání – MŠMT ČR
- 16 % Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost – MPO ČR

Souhrnný výčet projektů

Národní projekty

Projekty podpořené Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy
Projekt velkých infrastruktur pro výzkum, experimentální vývoj a inovace
→ e-Infrastruktura CZ

Projekty Operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání
→ IT4Innovations národní superpočítačové centrum – cesta k exascale
→ e-INFRA CZ: Modernizace
→ Umělá inteligence a uvažování
→ Modelování srážkových procesů v nízkoteplotním plazmatu
→ Vývoj nástroje pro zpracování a vizualizaci vědeckých dat ve VR s podporou více uživatelů
→ Nové zdroje THz záření emitovaného pomocí spintronických jevů
→ Vývoj výpočetních algoritmů pro řešení nelineárních úloh strukturální dynamiky s využitím numerické knihovny ESPRESO
→ Doktorská škola pro vzdělávání v oblasti matematických metod a nástrojů v HPC

Podpora mobility výzkumných pracovníků a pracovníků v rámci mezinárodní spolupráce ve VaVa
→ Víceúrovňový design nových permanentních magnetů bez prvků vzácných zemin

Mezinárodní spolupráce ve výzkumu a vývoji
→ Vliv termoelektrických efektů na spin-orbitální torze v 2D van der Waalových materiálech

Projekty podpořené Moravskoslezským krajem
Individuální dotace
→ Digitální inovační hub – pilotní ověření

Projekty podpořené Grantovou agenturou České republiky
Mezinárodní grantové projekty hodnocené na principu LEAD Agency
→ Magnetismus na rozhraní: z kvantového do reálného světa

Standardní grantové projekty
→ Modifikace teplotní stability slitin na bázi W-Cr pro aplikaci ve fúzních reaktorech
→ Nekonenční supravodiče v extrémních podmínkách

Projekty podpořené Technologickou agenturou České republiky
Program Národní centra kompetence
→ Personalizovaná medicína – diagnostika a terapie

Program TREND
→ Vývoj expertního systému pro automatické vyhodnocování patologií ze snímku oka
→ Výzkum a vývoj funkčního vzorku železničního vozidla se schopností sběru dat a softwaru – simulátoru se schopností generování dat pro trénování detekce překážek v simulovaných podmínkách

Program ÉTA

→ Vytvoření modelu pro hodnocení dopadů změn parametrů daňově-dávkového systému na socioekonomickou situaci rodin s dětmi v České republice

Projekty podpořené Ministerstvem průmyslu a obchodu

Projekty Operačního programu Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost
→ Digitální dvojče produktu v rámci výrobních závodů Siemens
→ SmartFleet – software na bázi AI pro plnohodnotné využití elektromobilů v podnicích a maximalizaci jejich podílu ve vozovém parku
→ Hologramy s aktivními bezpečnostními prvky
→ Výzkum a vývoj aplikačního SW nástroje pro efektivní hodnocení katalytických procesů
→ Rozvoj, zabezpečení a škálovatelnost cloudových služeb v oblasti digitální transformace

Projekty jiných částí univerzity, na jejichž řešení se podílíme

→ Podpora talentovaných studentů doktorského studia na VŠB-TUO (projekt podpořen MSK)
→ Technika pro budoucnost 2.0 (projekt podpořen MŠMT ČR)
→ Věda bez hranic 2.0 (projekt podpořen MŠMT ČR)
→ Zapojení umělé inteligence do příjmu tísňového volání (projekt podpořen MPO ČR)
→ Národní centrum pro energetiku (NCE), (projekt podpořen TAČR)
→ Chytrý systém pro řízení energie energetických sítí (projekt podpořen TAČR)
→ CEET – Centrum energetických a environmentálních technologií (projekt podpořen TAČR)
→ Škálovatelný řídicí systém pro aktuátory (projekt podpořen MPO ČR)

Projekty 8. rámcového programu pro výzkum a inovace Evropské unie – Horizont 2020

→ EUROCC – National Competence Centres in the framework of EuroHPC
→ PRACE-6IP – Partnership for Advanced Computing in Europe, 6. implementační fáze
→ POP2 – Performance Optimisation and Productivity 2
→ LIGATE – Ligand Generator and portable drug discovery platform AT Exascale
→ EVEREST – dEsign enVironmEnt foR Extreme-Scale big data analyTics on heterogeneous platforms
→ ACROSS – HPC big dAta artifiCial intelligence cross stack platfoRm tOwardS exaScale
→ s-NEBULA – Novel Spin-Based Building Blocks for Advanced TeraHertz Applications
→ SCALABLE – SCALable Lattice Boltzmann Leaps to Exascale
→ IO-SEA – IO Software for Exascale Architecture
→ OPENQKD – Open European Quantum Key Distribution Testbed
→ DICE – Data Infrastructure Capacity for EOSC
→ EUPLEX – European Pilot for Exascale
→ EUMaster4HPC – European Master for High Performance Computing

Projekty 9. rámcového programu Evropské unie pro výzkum a inovace – Horizont Evropa

→ BioDT – Biodiversity Digital Twin for Advanced Modelling, Simulation and Prediction Capabilities
→ OpenWebSearch.EU – Piloting a Cooperative Open Web Search Infrastructure to Support Europe's Digital Sovereignty

Erasmus+ projekty

→ SCTrain – Supercomputing knowledge partnership

Mezinárodní projekty

4

Superpočítačové služby

IT4Innovations provozuje nejvýkonnější superpočítačové systémy v České republice, které využívají především akademická pracoviště a výzkumné instituce. Část kapacity je rovněž vyhrazena pro rozvoj spolupráce mezi akademickou sférou a průmyslovými partnery, či pro samostatné využití smluvními partnery formou komerčního pronájmu.

V roce 2022 provozovalo IT4Innovations tři superpočítače – **Karolina** (15,7 PFlop/s), **Barbora** (849 TFlop/s) a specializovaný systém pro výpočty umělé inteligence **NVIDIA DGX-2** (130 TFlop/s a 2 PFlop/s pro AI).

Petascalový systém Karolina byl plně zprovozněn v létě 2021. Pořízen byl v rámci společného evropského podniku EuroHPC, přičemž 35 % jeho výpočetní kapacity je k dispozici uživatelům z členských zemí EuroHPC. Ihned po svém spuštění se zařadil mezi nejvýkonnější HPC systémy v Evropě – v žebříčku TOP500, který sleduje superpočítače z hlediska jejich výkonnosti se celosvětově umístil na 69. pozici, v Evropě obdržel 19. příčku a v žebříčku Green500 energeticky nejúčinnějších superpočítačů obsadil 8. místo a v Evropě bronzovou příčku.

V roce 2022 byl rovněž plně zprovozněn superpočítač **LUMI**, jehož teoretický výkon dosahuje 428 PFlop/s. Díky členství IT4Innovations v konsorciu LUMI (Large Unified Modern Infrastructure) tvořeném deseti evropskými zeměmi, mohou čeští vědci počítat na jednom z nejvýkonnějších a nejmodernějších superpočítačů světa. IT4Innovations se podílí na realizaci tohoto projektu jako součást jeho řídicí struktury, poskytuje odbornou podporu uživatelům v rámci tzv. LUST (LUMI user support team)

či vyvíjí softwarové nástroje jako je HyperQueue, které umožňují uživatelům efektivně využívat dostupné výpočetní zdroje LUMI.

Nejnovějším přírůstkem v IT4Innovations jsou **komplementární systémy** (fáze I) sestávající z několika hardwarových platform. Tyto systémy poskytují přístup k nastupujícím, netradičním nebo úzce specializovaným hardwarovým architekturám, které zatím nejsou v superpočítačových centrech běžné. První dodávka byla do provozu v IT4Innovations uvedena na podzim roku 2022 a obsahuje modely, knihovny a nástroje pro vývoj aplikací. V roce 2023 budou dodány další hardwarové platformy.

Kromě superpočítačů se na datovém sále IT4Innovations nachází rovněž **velkokapacitní datové úložiště PROJECT**, které slouží pro uchování a zálohování dat, jež jsou zpracovávána nebo generována na ostravských superpočítačích.



↔ Datový sál v IT4Innovations

Technické parametry superpočítačů

	Barbora	Karolina	NVIDIA DGX-2	LUMI
Uvedení do provozu	podzim 2019	léto 2021	jaro 2019	podzim 2022
Teoretický výkon	849 TFlop/s	15,7 PFlop/s	130 TFlop/s, 2 Pflop/s pro AI	428,7 PFlop/s
Operační systém	CentOS 64bit 7.x	Centos 64 bit 7.x	CentOS 64bit 7.x	Custom Cray
Operační uzly	201	831	1	4.096
CPU na uzel	2x Intel Cascade Lake, osmnáctijádrový, 2,6 GHz, celkem 7.236 jader	720x 2x AMD 7H12, šedesátičtyřjádrový, 2,6 GHz, celkem 92.160 jader 72x 2x AMD 7763, šedesátičtyřjádrový, 2,45 GHz, celkem 9.216 jader 72x 8x NVIDIA A100 GPU, celkem 576 GPU 32x Intel Xeon-SC 8628, dvacetičtyřjádrový, 2,9 GHz, celkem 768 jader 36x 2x AMD 7H12, šedesátičtyřjádrový, 2,6 GHz, celkem 4.608 jader 2x 2x AMD 7452, třicetivoujádrový, 2,35 GHz, celkem 128 jader	2x Intel Xeon Platinum, dvacetičtyřjádrový, celkem 48 jader	1.376x AMD EPYC 7763, 2.45/3.5 GHz, 128-jádrový (2x64 vláken), celkem 176.128 jader 128x AMD EPYC 7763, 2.45/3.5 GHz, 128-jádrový (2x64 vláken), celkem 16.384 jader 32x AMD EPYC 7763, 2.45/3.5 GHz, 128-jádrový (2x64 vláken), celkem 8.192 jader 2560x AMD EPYC 7A53, 2.45/3.5 GHz, 128-jádrový (2x64 vláken), celkem 327.680 jader 10240x AMD Instinct MI250X GPUs, 14.080 stream processors per GPU
RAM na uzel	192 GB 6 TB tlustý uzel	256 GB / 1 TB (GPU) / 24 TB tlustý uzel 320 GB HBM2 (8 x 40 GB) GPU	1,5 TB DDR4, 512 GB HBM2 (16 x 32 GB)	256 GB / 512 GB / 1.024 GB
GPU akcelerátory	32x NVIDIA Tesla V100	576x NVIDIA A100	16x NVIDIA Tesla V100 32 GB HBM2	N/A
Úložný prostor	29 TB / home, 310 TB / scratch (28 GB/s)	30,6 TB / home (1,93 GB/s zápis, 3,10 GB/s čtení), 1.361 TB / scratch (NVMe, 730,9 GB/s zápis, 1.198,3 GB/s čtení)	30 TB NVMe	80 PB (/home + /project + /scratch) 240 GB/s
Síť	Infiniband HDR 200 Gb/s	Infiniband HDR 200 Gb/s	8 x Infiniband nebo 8 x 100 GbE	200 Gb/s Slingshot-11



↔ V roce 2022 provozovalo IT4Innovations tři superpočítače: Barbora, NVIDIA-DGX2 a Karolina.

Přidělování výpočetního času

Poskytování výpočetního času je jedno z hlavních poslání IT4Innovations. Superpočítače jsou k dispozici českým vědeckým komunitám a průmyslovým podnikům nepřetržitě od roku 2013, kdy byl zprovozněn superpočítač Anselm.

V roce 2022 změnilo IT4Innovations způsob přidělování výpočetního času z jádrohodin na uzlohodiny reflektující rozdílnou výpočetní architekturu klastrů, např. CPU a GPU. Žadatelé musí v projektových žádostech specifikovat, které uzly klastru v jakém množství chtějí pro řešení vědeckých úloh využít (Barbora CPU, Barbora GPU, Barbora FAT, DGX-2, Karolina CPU, Karolina GPU, Karolina FAT, LUMI CPU, LUMI GPU).

Od roku 2013 do konce roku 2022 získalo výpočetní čas **1.719 projektů** z různých vědeckých oblastí, od vývoje nových materiálů či léků, přes objevování fyzikálních zákonitostí, inženýrské úlohy, rendering a vizualizaci vědeckých dat, až po projekty řešící kybernetickou bezpečnost či pokročilé datové analýzy a úlohy z oblasti AI.

Poptávka po výpočetních zdrojích je rok od roku vyšší a každá další vyhlášená grantová soutěž utvrzuje v tom, že vědecká komunita v České republice na výkonné superpočítače spoléhá a svou vědeckou práci na nich staví.

Výpočetní čas na superpočítačích v IT4Innovations lze získat jedním z následujících způsobů:

- a) Největší podíl výpočetního času se rozděluje v rámci tzv. **Veřejných grantových soutěží**, které IT4Innovations vypisuje třikrát ročně. Veřejné grantové soutěže jsou určeny výzkumníkům a akademickým pracovníkům z České republiky. Podané projekty schvaluje alokační komise na základě předchozího odborného hodnocení z hlediska vědecké excelence, výpočetní připravenosti a socioekonomického dopadu.
- b) **Rozhodnutím ředitelství** – žádosti se podávají průběžně, a to pouze v případech, kdy nelze využít Veřejné grantové soutěže. Jedná se o nepravidelné přidělování výpočetního času, které schvaluje vedení IT4Innovations.
- c) **Pronájemem výpočetních zdrojů** – jedná se o placený přístup k výpočetním kapacitám provozovaných superpočítačů, který se účtuje v tržních cenách dle aktuálního sazebníku IT4Innovations.
- d) Přístup k ostravské výpočetní infrastruktuře lze získat také prostřednictvím **evropských grantových soutěží**, které vyhláší celoevropský společný podnik EuroHPC.

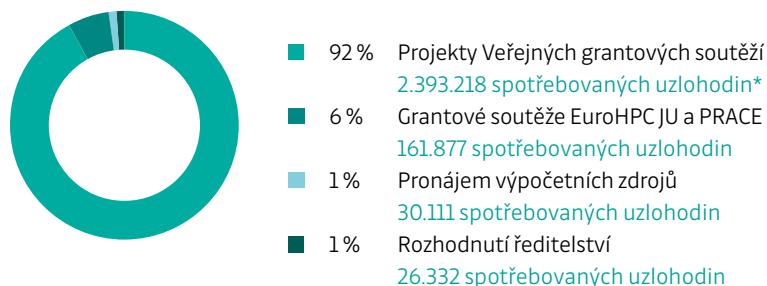


↔ Barbora

Superpočítač Barbora byl zprovozněn v roce 2019 v rámci modernizace výpočetní infrastruktury. Stejně jako u ostatních ostravských superpočítačů vzešlo jméno Barbora z ankety, do které se zapojila široká veřejnost.

Počet aktivních projektů v roce 2022 byl 260. Výpočetní čas, který tyto projekty spotřebovaly, dosáhl celkové hodnoty 2.611.538 uzlohodin.

Rozdělení výpočetního času v roce 2022



Spotřebované uzlohodiny dávají představu o tom, kolik výpočetního času bylo v roce 2022 skutečně spotřebováno. Celkovou hodnotu zde tvoří veškeré projekty, které se reálně v tomto roce v IT4Innovations počítaly.

Veřejné grantové soutěže 24., 25., 26. kolo

V roce 2022 byly vyhlášeny tři Veřejné grantové soutěže a dvě mimořádné výzvy, ve kterých bylo podpořeno 186 výzkumných projektů, z toho 14 víceletých. Konkrétně se jednalo o 24., 25. a 26. kolo a dvě mimořádné výzvy k 24. a 26. grantové soutěži. Dle harmonogramu jednotlivých kol získali úspěšní žadatelé přístup k výpočetním kapacitám v průběhu roku 2022. U standardních projektů byly výpočetní prostředky poskytovány po dobu 9 měsíců, u víceletých projektů po dobu 18, 27 nebo 36 měsíců a jejich účelem bylo podpořit dlouhodobé vědecké granty.

V těchto třech Veřejných grantových soutěžích (a dvou mimořádných výzvách) uživatelé žádali o 5,92 milionů uzlohodin. S ohledem na zájem o výpočetní čas převyšující nabízené zdroje přistoupila alokační komise ke snížení alokací hodnocených projektů. Redukce se dotkla všech projektů. Celkově bylo projektům v těchto kolech Veřejné grantové soutěže alokováno 5,7 milionů uzlohodin. Některým projektům byly přiděleny i výpočetní zdroje na superpočítači LUMI.

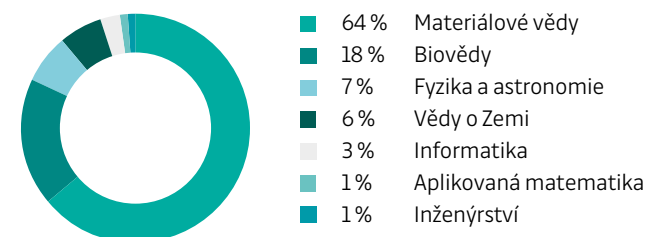
Nejvíce výpočetního času získaly projekty z oblasti materiálových věd, a to 64 %. Na druhém místě s 18 % se umístily projekty z oborů biověd a bronzová příčka patřila fyzice a astronomii se 7 %.

Dle institucí na superpočítačích IT4Innovations počítali nejvíce vědci a vědkyně z VŠB-TUO společně s řešiteli a řešitelkami z Akademie věd České republiky, dále z CEITECu a Univerzity Karlovy.

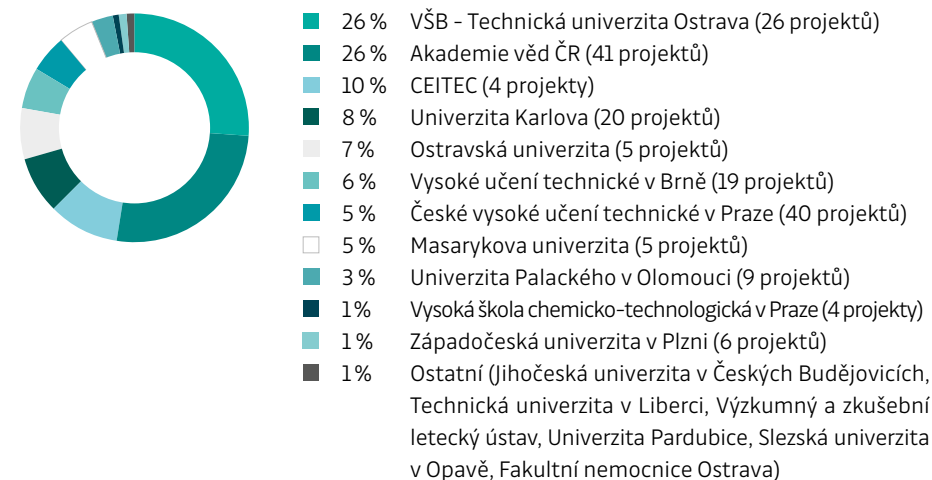
Nejvíce projektů, které získaly výpočetní čas, podali vědci a vědkyně z ústavů Akademie věd České republiky (celkem 41 projektů), Českého vysokého učení technického v Praze (40 projektů) a VŠB-TUO (26 projektů).

Řešitelé ze 13 různých ústavů Akademie věd České republiky získali výpočetní čas pro své projekty, přičemž k ústavům nejvíce využívajícím infrastrukturu IT4Innovations patří Ústav organické chemie a biochemie, Ústav informatiky, Ústav fyziky materiálů, Fyzikální ústav a Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského.

Výpočetní zdroje přidělené ve Veřejných grantových soutěžích v roce 2022 dle vědních oborů



Výpočetní zdroje přidělené ve Veřejných grantových soutěžích v roce 2022 dle institucí



Rozhodnutí ředitelství

V roce 2022 bylo na základě rozhodnutí ředitelství podpořeno 15 projektů, které celkově spotřebovaly 26 tisíc uzlohodin.

Pronájem výpočetních zdrojů

Výpočetní zdroje, které byly spotřebovány v rámci placeného pronájmu, dosáhly v roce 2022 30 tisíc uzlohodin. Jednalo se o komerční projekty následujících společností: Sotio a.s., DHI a.s., LightOn SAS a Varroc Lighting Systems, s.r.o.

Grantové soutěže EuroHPC JU a PRACE

V roce 2022 bylo v rámci těchto soutěží spotřebováno téměř 162 tisíc uzlohodin, o které se podělilo 27 projektů. Z toho 25 projektů se uskutečnilo v rámci výzvy EuroHPC JU a 2 projekty v rámci PRACE.

Uživatelé výpočetních zdrojů

Počet aktivních uživatelů výpočetní infrastruktury IT4Innovations se v roce 2022 meziročně zvýšil o 63 % a vyšplhal se na 1.408.

Technická podpora, kterou IT4Innovations svým uživatelům nabízí, obdržela v roce 2022 celkem 1.275 podnětů a žádostí. Interní reakční doba (24 hodin na první odpověď) byla dodržena u 99,9 % podnětů. Interní doba prvního uzavření, která by neměla přesáhnout 30 dnů, byla dodržena u 95,3 % podnětů.

5

Výzkum a vývoj

IT4Innovations se zabývá excelentním výzkumem zejména v oblasti vysoce výkonného počítání (HPC), datových analýz (HPDA), kvantového počítání (QC) a umělé inteligence (AI), včetně jejich aplikací ve vědě i průmyslu. Stěžejními tématy výzkumu IT4Innovations jsou zpracování a analýza rozsáhlých dat, strojové učení, vývoj paralelních škálovatelných algoritmů, řešení náročných inženýrských úloh, pokročilá vizualizace, virtuální realita, modelování pro nanotechnologie a vývoj nových materiálů.

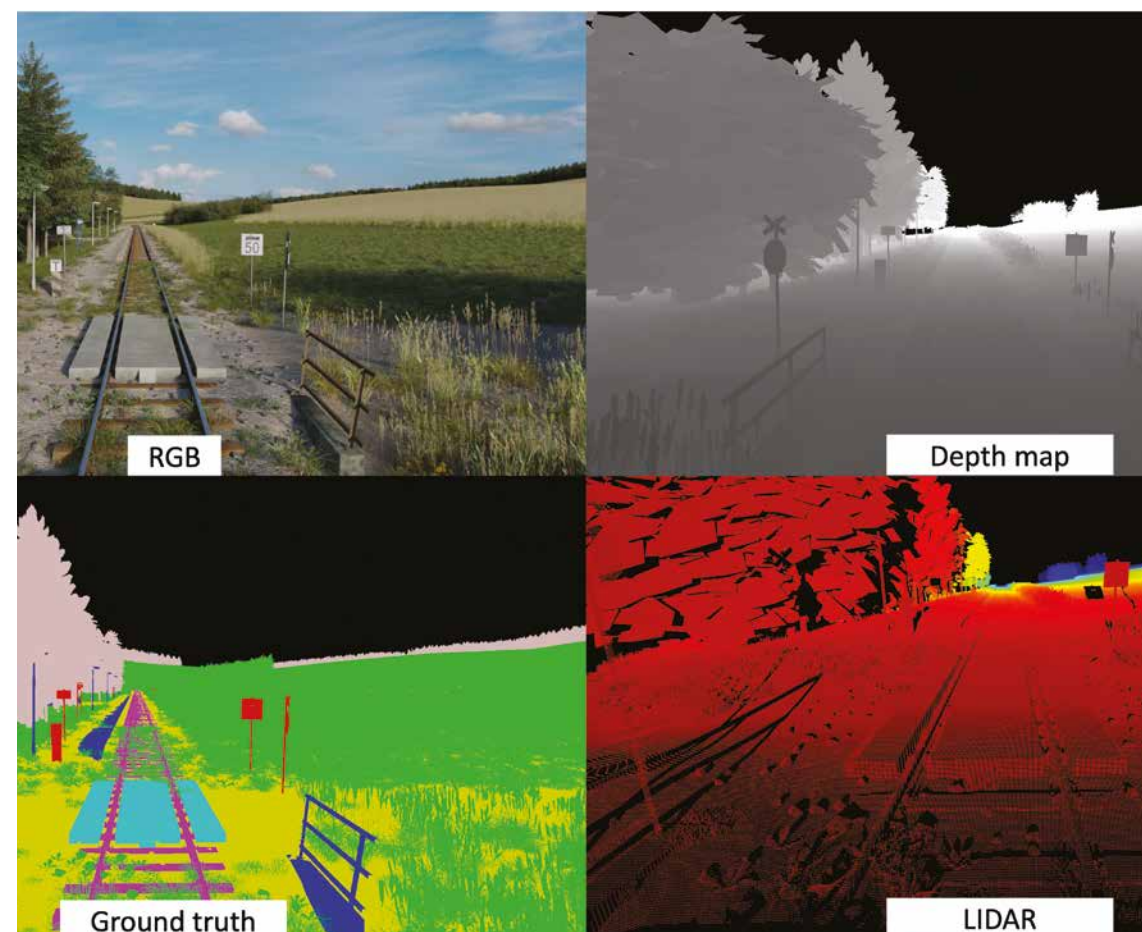
IT4Innovations je výzkumným a vývojovým centrem se silnými mezinárodními vazbami, je zapojeno ve všech aktivitách společného evropského podniku EuroHPC a v řadě prestižních mezinárodních organizací (PRACE, ETP4HPC, EUDAT, BDVA, EOSC). V roce 2022 se podílelo na řešení 15 mezinárodních projektů financovaných z programu Horizont 2020 a Horizont Evropa a bylo členem H2020 Centra excelence POP2.

IT4Innovations je od roku 2020 Národním centrem kompetence pro HPC v rámci evropského projektu EuroCC. Rovněž se podílí na vývoji internetové platformy Evropské vesmírné agentury (European Space Agency, ESA) nazvané Urban Thematic Exploitation Platform a spolupracuje na ESA projektu AIOPEN (Platform Extensions with AI Capabilities). V minulosti se účastnilo IT4Innovations celé řady projektů podpořených z programů FP7 a H2020 jako například LEXIS (IT4Innovations koordinátorem projektu), PRACE, EXA2CT, HARPA, ExCAPE, ANTAREX, READEX, SESAME NET a další.

Výzkum v IT4Innovations je soustředěn do pěti laboratoří:

- Laboratoř pro náročné datové analýzy a simulace,
- Laboratoř pro výzkum infrastruktury,
- Laboratoř vývoje paralelních algoritmů,
- Laboratoř modelování pro nanotechnologie,
- Laboratoř pro big data analýzy.

Výzkumné laboratoře IT4Innovations získaly v roce 2022 ve veřejných grantových soutěžích výpočetní čas v celkové výši téměř 1,2 miliony uzlohodin, což představuje 20 % z celkové přidělené alokace všech podpořených projektů. Nejvíce projektů a nejvíce výpočetních zdrojů získala Laboratoř modelování pro nanotechnologie.



↔ [Simulátor podmínek na vlakové trati pro zkvalitnění detekce překážek v reálném provozu](#)

Ve spolupráci s firmou IXPERTA s.r.o. vyvíjíme funkční vzorek železničního vozidla se schopností sběru dat z moderních sensorů a softwarového simulátoru umožňujícího generovat tréninková data pro vývoj systému detekce překážek.

Vlajkové lodě ve výzkumu a vývoji

ESPRESO, Knihovna
masivně paralelních
řešičů pro inženýrské
aplikace

V roce 2022 pokračoval výzkum v rámci tzv. vlajkových lodí ve výzkumu a vývoji IT4Innovations, které byly vybrány Vědeckou radou Centra excelence IT4Innovations v roce 2018 a které reprezentují vědeckou excelenci IT4Innovations.

Řešitelé: Ing. Tomáš Brzobohatý, Ph.D., Ing. Ondřej Meca, Ph.D., doc. Ing. Lubomír Říha, Ph.D.
V rámci výzkumných aktivit týmu podílejícího se na vývoji open-source nástroje ESPRESO byl proveden refaktoring řešiče tak, aby bylo možné využívat ARM architekturu. Spolu s tímto úkolem, který byl prováděn v rámci evropského projektu EU-PEX, se modulárně přepracoval sestavovač fyzikálních matic tak, aby dokázal efektivně využívat vektorizované instrukce dostupné na moderních procesorech jako je AVX512 nebo SVE. Proběhlo také testování na PonteVecchio akcelerátorech od společnosti Intel, které by měly být dostupné na konci roku 2023. Součástí knihovny ESPRESO je také vysoce paralelní postprocesingový nástroj MESIO pro převod výsledků numerických simulací jak z ESPRESA samotného, tak z balíků třetích stran do hierarchické struktury umožňující napojení profesionálních nástrojů pro 3D vizualizaci. Toto napojení umožňuje v kombinaci například s volně dostupným nástrojem BLENDER efektivně zobrazovat detailní simulace v podobě volumetrického renderingu zpracovaného pomocí profesionálního rendereru založeného na sledování cest (path tracing). Výzkum v této oblasti byl v roce 2022 oceněn na významné akci v oblasti HPC, konferenci SC22 v americkém Dallasu.

Návrh materiálů – blíže
realitě prostřednictvím
exascalových výpočtů

Řešitel: Ing. Dominik Legut, Ph.D.

Od pokroku v HPC hraje v našem životě klíčovou roli simulace chování materiálů. Tato skutečnost byla ještě výraznější, jakmile byl objeven způsob, jak provádět kvantové mechanické výpočty, aby se získala elektronická struktura materiálů a její chování k vazbě na mnoho fyzikálních a chemických vlastností. Výpočty prvních principů (ab initio) jsou v současné době přístupem bez parametrů pro i) ověřování experimentů, ii) pro simulaci podmínek nebo výpočet vlastností materiálů, které nejsou přímo přístupné nebo měřitelné a iii) pro návrh nových materiálů. V rámci vlajkové lodi jsme se zabývali základními a nejmodernějšími tématy, jak maximalizovat či minimalizovat přenos tepla mezi materiály. To první slouží k navržení více efektivních jaderných palivových materiálů z radioaktivních sloučenin pro jaderné reaktory IV. generace. To druhé pro optimalizaci termoelektrického jevu, materiálů pro konverzi tepla na elektrickou energii za normálních podmínek. Dále nám tyto výpočty umožňují modelování magnetostrikčních a magneto-elastických vlastností, tj. pro slitiny kde je žádoucí, aby byla potlačena přirozená teplotní roztažnost, aktuátory a ultrapřesné sensory využívané v nano-robotice, v letectví a kosmonautice.

HPC platformy pro
spouštění vědeckých
úloh

Řešitelé: Ing. Jan Martinovič, Ph.D., Ing. Ada Böhm, Ph.D. a Ing. Václav Svatoň, Ph.D.

Hlavním cílem většiny superpočítačových center je snížení vstupních bariér do světa vysoce výkonného počítání (HPC) pro všechny uživatele z výzkumných institucí, průmyslové sféry, nemocnic, institucí státní správy aj., aniž by došlo ke snížení rychlosti provádění výpočtů. Výzkumný tým sdružený v rámci této vlajkové lodi se zabývá vývojem konceptu HPC jako služba (HPC-as-a-Service / HaaS), který pro superpočítačová centra představuje komplexní řešení dostupnosti jejich HPC služeb pro mnohem širší okruh uživatelů. V IT4Innovations se konkrétně vyvíjí platforma High-End Application Execution Platform (HEAppE Platform). Nezaměřuje se na jeden konkrétní typ hardwaru pro současné vysoce výkonné a budoucí exascalové výpočetní systémy, nýbrž k využití na různých systémech a v různých superpočítačových centrech. Jejím prostřednictvím mohou všichni uživatelé využívat technologie, aniž by museli vynakládat investice na pořízení hardwaru. Velkou část pracovní zátěže vysoce výkonných výpočetních systémů také představují výpočetní plány (pipelines) pro řešení vědeckých úloh vytvářené oborovými specialisty, kteří nemají hlubší znalosti a zkušenosti s HPC technologiemi. Tým pokračoval ve vývoji jak programovacích modelů, díky nimž dokážou uživatelé jednoduše definovat závislosti mezi výpočetními úlohami, tak i runtime vrstev umožňujících vytvoření výpočetního plánu, který pak uživatelé mohou spustit v rozsáhlých distribuovaných prostředích (např. vlastní sada nástrojů HyperTools). V neposlední řadě je cílem také zpřístupnit výsledky a maximalizovat tak jejich potenciální dopad.



↔ Numerické simulace

IT4Innovations vyvíjí simulační nástroj pro řešení rozsáhlých úloh inženýrské praxe, jako je například přestup tepla, strukturální mechanika, vibrace nebo šíření hluku.

Přehled výsledků výzkumu a vývoje v roce 2022

Výsledky v členění dle metodiky RIV 2017+

V této podkapitole jsou představeny výsledky výzkumu a vývoje IT4Innovations v roce 2022.

Shrnutí dosažených výsledků výzkumu a vývoje IT4Innovations v roce 2022

Výsledky v členění dle metodiky RIV 2017+	Počet
Jimp – článek v databázi Web of Science	84
JSC – článek v databázi SCOPUS	6
Jost – recenzované články ostatní	0
B – odborná kniha	2
C – kapitola v odborné knize	7
D – stať ve sborníku	29
P – patent	1
F – užitný vzor, průmyslový vzor	1
Z – poloprovoz, ověřená technologie	0
G – prototyp, funkční vzorek	4
H – výsledky promítnuté do norem, směrnic	0
N – metodika, specializovaná mapa	0
R – software	17
V – výzkumná zpráva	7

Časopisecké publikace typu Jimp a JSC za rok 2022 dle jednotlivých laboratoří a umístění

Výsledky dle jednotlivých laboratoří a umístění	D1	Q1/D1	Q2	Q3	Q4	Celkem
Laboratoř pro náročné datové analýzy a simulace	5	7	0	0	0	12
Laboratoř pro výzkum infrastruktury	0,5	0,5	0	0	0	1
Laboratoř vývoje paralelních algoritmů	2,5	3,5	0	1	0	7
Laboratoř modelování pro nanotechnologie	22	19	5	0	0	46
Laboratoř pro big data analýzy	11	4	7	1	1	24
Celkem	41	34	12	2	1	90

Rozdělení časopisů do kategorií D1, Q1/D1, ..., Q4 je dáno jejich nejlepším umístěním v oborových kategoriích v databázích Web of Science a Scopus.

Počet časopiseckých publikací za rok 2022 dle jednotlivých laboratoří



12	Laboratoř pro náročné datové analýzy a simulace
1	Laboratoř pro výzkum infrastruktury
7	Laboratoř vývoje paralelních algoritmů
46	Laboratoř modelování pro nanotechnologie
24	Laboratoř pro big data analýzy

Seznam publikací v D1 seřazených dle jednotlivých laboratoří

Laboratoř pro náročné datové analýzy a simulace

- Lampart Marek, Lampartová Alžběta, Orlando Giuseppe: *On extensive dynamics of a Cournot heterogeneous model with optimal response*. CHAOS, 2022. DOI 10.1063/5.0082439, IF 3.741 (JIMP)
- Pinto Pedro; Bispo Joao, Cardoso Joao, Barbosa Jorge Gomes, Gadioli Davide, Palermo Gianluca, Martinovič Jan, Golasowski Martin, Slaninová Kateřina, Cmar Radim, Silvano Cristina: *Pegasus: Performance Engineering for Software Applications Targeting HPC Systems*. IEEE Transactions on Software Engineering, 2022. DOI 10.1109/TSE.2020.3001257, IF 9.322 (JIMP)
- Struhár Juraj, Rapant Petr, Kačmařík Michal, Hlaváčová Ivana, Lazecký Milan: *Monitoring Non-Linear Ground Motion above Underground Gas Storage Using GNSS and PSInSAR Based on Sentinel-1 Data*. Remote Sensing, 2022. DOI 10.3390/rs14194898, IF 5.349 (JIMP)
- Martinovič Tomáš, Fulneček Jan: *Fast Algorithm for Contactless Partial Discharge Detection on Remote Gateway Device*. IEEE Transactions on Power Delivery, 2022. DOI 10.1109/TPWRD.2021.3104746, IF 4.825 (JIMP)
- Smail Tayeb, Abed Mohamed, Mebariki Ahmed, Lazecký Milan: *Earthquake-induced landslide monitoring and survey by means of InSAR*. Natural Hazards and Earth System Sciences, 2022. DOI 10.5194/nhess-22-1609-2022, IF 4.58 (JIMP)

Laboratoř pro výzkum infrastruktury

- Meca Ondřej, Říha Lubomír, Jansík Branislav, Brzobohatý Tomáš: *Toward highly parallel loading of unstructured meshes*. Advances in Engineering Software, 2022. DOI 10.1016/j.advengsoft.2022.103100, IF 4.255 (JIMP)

Laboratoř vývoje paralelních algoritmů

- Gebauer Marek, Blejchař Tomáš, Brzobohatý Tomáš, Karásek Tomáš, Nevřela Miroslav: *Determination of Aerodynamic Losses of Electric Motors*. Symmetry, 2022. DOI 10.3390/sym14112399, IF 2.94 (JIMP)

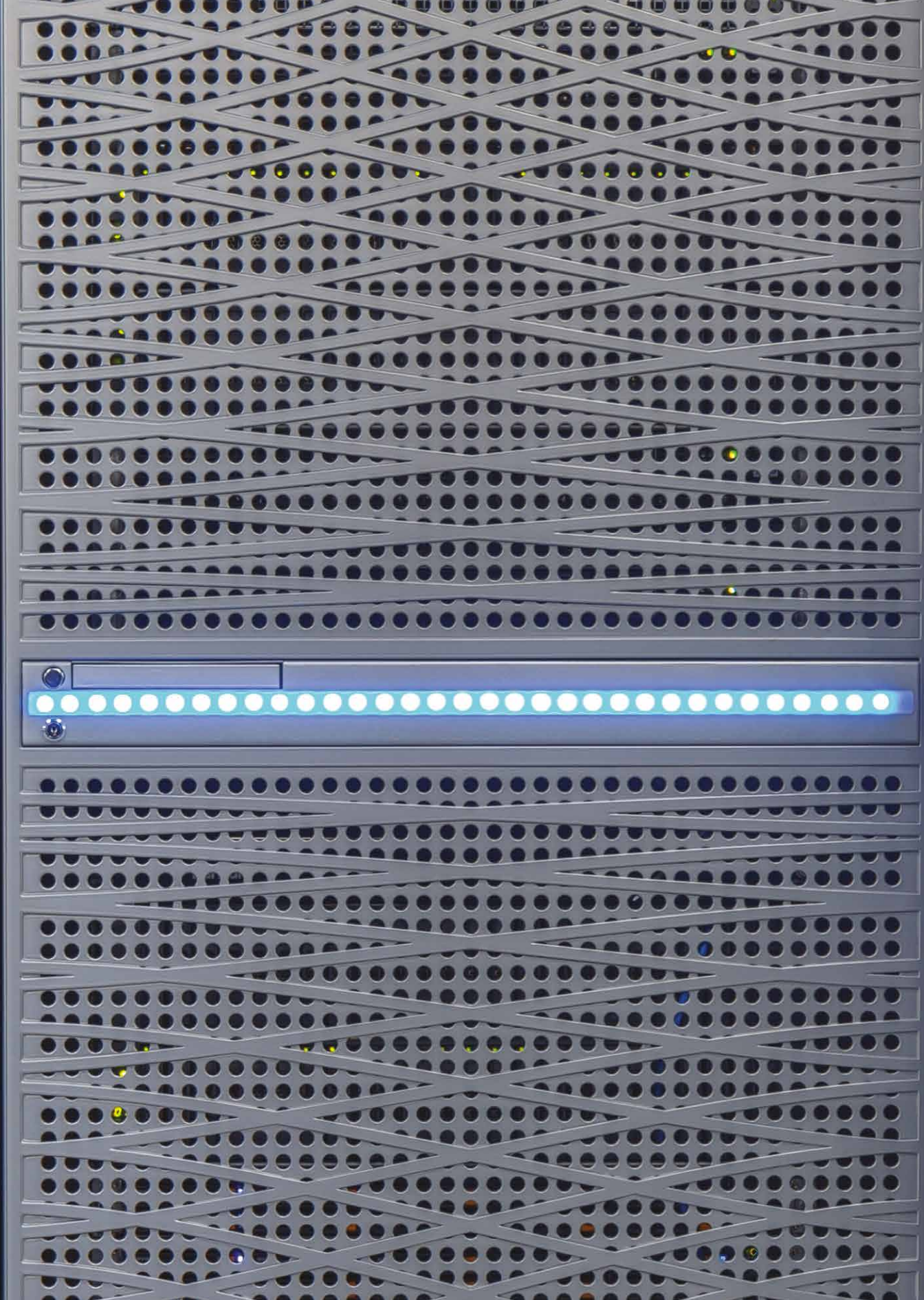
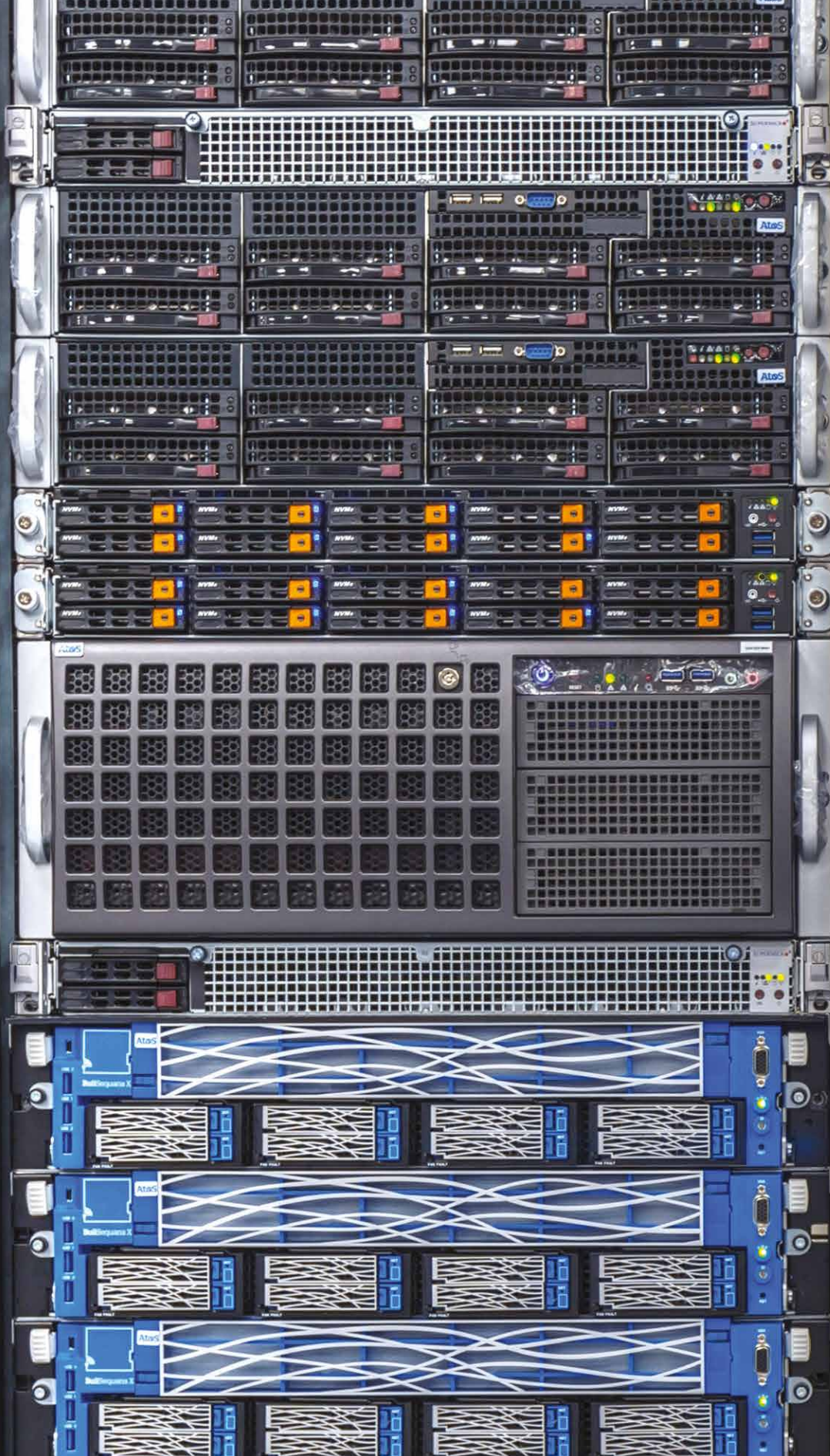
- Zapoměl Jaroslav, Ferfecki Petr: *A new concept of a hydrodynamic bearing lubricated by composite magnetic fluid for controlling the bearing load capacity*. Mechanical Systems and Signal Processing, 2022. DOI 10.1016/j.ymssp.2021.108678, IF 8.934 (JIMP)
- Meca Ondřej, Říha Lubomír, Jansík Branislav, Brzobohatý Tomáš: *Toward highly parallel loading of unstructured meshes*. Advances in Engineering Software, 2022. DOI 10.1016/j.advengsoft.2022.103100, IF 4.255 (JIMP)

Laboratoř modelování pro nanotechnologie

- Sedajova Veronika, Bakandritsos Aristeidis, Blonski Piotr, Medved Miroslav, Langer Rostislav, Zaoralova Dagmar, Ugolotti Juri, Dzibelova Jana, Jakubec Petr, Kupka Vojtech, Otyepka Michal: *Nitrogen doped graphene with diamond-like bonds achieves unprecedented energy density at high power in a symmetric sustainable supercapacitor*. Energy & Environmental Science, 2022. DOI 10.1039/d1ee02234b, IF 39.714 (JIMP)
- Mlynsky Vojtech, Janecek Michal, Kuhrova Petra, Frohling Thorben, Otyepka Michal, Bussi Giovanni, Banas Pavel, Sponer Jiri: *Toward Convergence in Folding Simulations of RNA Tetraloops : Comparison of Enhanced Sampling Techniques and Effects of Force Field Modifications*. Journal of Chemical Theory and Computation, 2022. DOI 10.1021/acs.jctc.1c01222, IF 6.578 (JIMP)
- Pykal Martin, Vondrak Martin, Srejber Martin, Tantis Iosif, Mohammadi Elmira, Bakandritsos Aristeidis, Medved Miroslav, Otyepka Michal: *Accessibility of grafted functional groups limits reactivity of covalent graphene derivatives*. Applied Surface Science, 2022. DOI 10.1016/j.apsusc.2022.153792, IF 7.392 (JIMP)
- Kývala Lukáš, Havela L., Kadzielawa Andrzej Piotr, Legut Dominik: *Electrons and phonons in uranium hydrides - effects of polar bonding*. Journal of Nuclear Materials, 2022. DOI 10.1016/j.jnucmat.2022.153817, IF 3.555 (JIMP)
- Hruby Vitezslav, Zdrzil Lukas, Dzibelova Jana, Sedajova Veronika, Bakandritsos Aristeidis, Lazar Petr, Otyepka Michal: *Unveiling the true band gap of fluorographene and its origins by teaming theory and experiment*. Applied Surface Science, 2022. DOI 10.1016/j.apsusc.2022.152839, IF 7.392 (JIMP)
- Giri Lopamudra, Rout Smruti Rekha, Varma Rajender S., Otyepka Michal, Jayaramulu Kolleboyina, Dandela Rambabu: *Recent advancements in metal-organic frameworks integrating quantum dots (QDs@MOF) and their potential applications*. Nanotechnology Reviews, 2022. DOI 10.1515/ntrev-2022-0118, IF 6.739 (JIMP)
- Panacek David, Zdrzil Luka, Langer Michal, Sedajova Veronika, Bad'ura Zdeak, Zoppellaro Giorgio, Yang Qiuyue, Nguyen Emily P., Alvarez-Diduk Ruslan, Hruby Vitezslav, Kolarik Jan, Chalmpes Nikolaos, Bourlinos Athanasios B, Zbořil Radek, Merkoci Arben, Bakandritsos Aristeidis, Otyepka Michal: *Graphene Nano-beacons with High-Affinity Pockets for Combined, Selective, and Effective*

Decontamination and Reagentless Detection of Heavy Metals. Small, 2022. DOI 10.1002/smll.202201003, IF 15.153 (JIMP)

- Kadam Ravishankar G., Ye Tian-Nan, Zaoralová Dagmar, Medved Miroslav, Sharma Priti, Lu Yangfan, Zoppellaro Giorgio, Tomanec Ondřej, Otyepka Michal, Zbořil Radek, Hosono Hideo, Gawande Manoj B.: *Intermetallic Copper-Based Electride Catalyst with High Activity for C-H Oxidation and Cycloaddition of CO₂ into Epoxides*. Small, 2022. DOI 10.1002/smll.202201712, IF 15.153 (JIMP)
- Shi Yu, Wei Bo, Legut Dominik, Du Shiyu, Francisco Joseph S., Zhang Ruifeng: *Highly Stable Single-Atom Modified MXenes as Cathode-Active Bifunctional Catalysts in Li-CO₂ Battery*. Advanced Functional Materials, 2022. DOI 10.1002/adfm.202210218, IF 19.924 (JIMP)
- Obratsov Ievgen, Bakandritsos Aristeidis, Sedajova Veronika, Langer Rostislav, Jakubec Petr, Zoppellaro Giorgio, Pykal Martin, Presser Volker, Otyepka Michal, Zbořil Radek: *Graphene Acid for Lithium-Ion Batteries-Carboxylation Boosts Storage Capacity in Graphene*. Advanced Energy Materials, 2022. DOI 10.1002/aenm.202103010, IF 29.698 (JIMP)
- Lo Rabindranath, Manna Debashree, Hobza Pavel: *P-Doped graphene-C-60 nanocomposite: a donor-acceptor complex with a P-C dative bond*. Chemical Communications, 2022. DOI 10.1039/d1cc05737e, IF 6.065 (JIMP)
- Saini H., Otyepková E., Schneemann A., Zbořil Radek, Otyepka Michal; Fischer R.A., Jayaramulu K.: *Hierarchical porous metal-organic framework materials for efficient oil-water separation*. Journal of Materials Chemistry A. 2022. DOI 10.1039/d1ta10008d, IF 14.511 (JIMP)
- Chronopoulos Demetrios D., Stangel Christina, Scheibe Magdalena, Cepe Klara, Tagmatarchis Nikos, Otyepka Michal: *Electrocatalytic activity for proton reduction by a covalent non-metal graphene-fullerene hybrid*. Chemical Communications, 2022. DOI 10.1039/d2cc02272a, IF 6.065 (JIMP)
- Lin C., Feng X., Legut Dominik, Liu X., Seh Z.W., Zhang R., Zhang Q.: *Discovery of Efficient Visible-light Driven Oxygen Evolution Photocatalysts: Automated High-Throughput Computational Screening of MA₂Z₄*. Advanced Functional Materials, 2022. DOI 10.1002/adfm.202207415, IF 19.924 (JIMP)
- Nieves Cordones Pablo, Arapan Sergiu, Zhang Shihao, Kadzielawa Andrzej Piotr, Zhang Ruifeng, Legut Dominik: *MAELAS 2.0: A new version of a computer program for the calculation of magneto-elastic properties*. Computer Physics Communications, 2022. DOI 10.1016/j.cpc.2021.108197, IF 4.717 (JIMP)
- Flauzino Jose M. R., Nguyen Emily P, Yang Qiuyue, Rosati Giulio, Panacek David, Brito-Madurro Ana G., Madurro Joao M., Bakandritsos Aristeidis, Otyepka Michal, Merkoci Arben: *Label-free and reagentless electrochemical genosensor based on graphene acid for meat adulteration detection*. Biosensors and Bioelectronics, 2022. DOI 10.1016/j.bios.2021.113628, IF 12.545 (JIMP)



- Chronopoulos Demetrios D., Saini Haneesh, Tantis Iosif, Zbořil Radek, Jayaramulu Kolleboyina, Otyepka Michal: *Carbon Nanotube Based Metal-Organic Framework Hybrids From Fundamentals Toward Applications*. Small, 2022. DOI 10.1002/sml.202104628, IF 15.153 (JIMP)
- Kiehadrouinezhad Mohammadali, Merabet Adel, Rajabipour Ali, Čada Michal, Kiehadrouinezhad Shahideh, Khanali Majid, Hosseinzadeh-Bandbafha Homa: *Optimization of wind/solar energy microgrid by division algorithm considering human health and environmental impacts for power-water cogeneration*. Energy Conversion and Management, 2022. DOI 10.1016/j.enconman.2021.115064, IF 11.533 (JIMP)
- Koleják Pierre, Lezier Geoffrey, Postava Kamil, Lampin Jean François, Tiercelin Nicolas, Vanwolleghem Mathias: *360° Polarization Control of Terahertz Spintronic Emitters Using Uniaxial FeCo/TbCo₂/FeCo Trilayers*. ACS Photonics, 2022. DOI 10.1021/acsp Photonics.1c01782, IF 7.077 (JIMP)
- Hruby Vitezslav, Zaoralová Dagmar, Medved Miroslav, Bakandritsos Aristeidis, Zbořil Radek, Otyepka Michal: *Emerging graphene derivatives as active 2D coordination platforms for single-atom catalysts*. Nanoscale, 2022. DOI 10.1039/d2nr03453k, IF 8.307 (JIMP)
- Jayaramulu K., Mukherjee S., Morales D.M., Dubal D.P., Nanjundan A.K., Schneemann A., Masa J., Kment Štěpán, Schuhmann W., Otyepka Michal, Zbořil Radek, Fischer R.A.: *Graphene-Based Metal-Organic Framework Hybrids for Applications in Catalysis, Environmental, and Energy Technologies*; Chemical Reviews, 2022. DOI 10.1021/acs.chemrev.2c00270, IF 72.087 (JIMP)
- Lo Rabindranath, Manna Debashree, Lamanec Maximilian, Dracinsky Martin, Bour Petr, Wu Tao, Bastien Guillaume, Kaleta Jiri, Miriyala Vijay Madhav, Spirko Vladimir, Masinova Anna, Nachtigallová Dana; Hobza Pavel: *The stability of covalent dative bond significantly increases with increasing solvent polarity*. Nature Communications, 2022. DOI 10.1038/s41467-022-29806-3, IF 17.694 (JIMP)

Laboratoř pro big data analýzy

- Nguyen Tan N., Tran Dinh-Hieu, Van Chien Trinh, Phan Van-Duc, Vozňák Miroslav, Tin Phu Tran, Chatzinotas Symeon, Ng Derrick Wing Kwan, Poor H. Vincent: *Security-Reliability Tradeoff Analysis for SWIPT- and AF-Based IoT Networks With Friendly Jammers*. IEEE Internet of Things Journal, 2022. DOI 10.1109/JIOT.2022.3182755, IF 10.238 (JIMP)
- Fazio Peppino, Mehić Miralem, Vozňák Miroslav: *An Innovative Dynamic Mobility Sampling Scheme Based on Multiresolution Wavelet Analysis in IoT Networks*. IEEE Internet of Things Journal, 2022. DOI 10.1109/JIOT.2021.3126550, IF 10.238 (JIMP)
- Thanh-Nam Tran, Thanh-Long Nguyen, Vozňák Miroslav: *Approaching K-Means for Multiantenna UAV Positioning in Combination With a Max-SIC-Min-Rate Framework to Enable Aerial IoT Networks*. IEEE Access, 2022. DOI 10.1109/ACCESS.2022.3218799, IF 3.476 (JIMP)

- Beháň Ladislav, Rozhon Jan, Šafařík Jakub, Řezáč Filip, Vozňák Miroslav: *Efficient Detection of Spam over Internet Telephony by Machine Learning Algorithms*. IEEE Access, 2022. DOI 10.1109/ACCESS.2022.3231384, IF 3.476 (JIMP)
- Mehić Miralem, Rass Stefan, Dervisevic Emir, Vozňák Miroslav: *Tackling Denial of Service Attacks on Key Management in Software-Defined Quantum Key Distribution Networks*. IEEE Access, 2022. DOI 10.1109/ACCESS.2022.3214511, IF 3.476 (JIMP)
- Zelinka Ivan, Diep Quoc Bao, Snášel Václav, Das S., Innocenti G., Tesi A., Schoen F., Kuznetsov N.V.: *Impact of chaotic dynamics on the performance of metaheuristic optimization algorithms: An experimental analysis*. Information sciences, 2022. DOI 10.1016/j.ins.2021.10.076, IF 8.233 (JIMP)
- Phan V., Nguyen B.C., Hoang T.M., Nguyen T.N., Tran P.T., Minh B.V., Vozňák Miroslav: *Performance of Cooperative Communication System with Multiple Reconfigurable Intelligent Surfaces Over Nakagami-m Fading Channels*. IEEE Access, 2022. DOI 10.1109/ACCESS.2022.3144364, IF 3.476 (JIMP)
- Ghosh Arka, Das Swagatam, Das Asit Kr, Senkerik Roman, Viktorin Adam, Zelinka Ivan, Masegosa Antonio David: *Using spatial neighborhoods for parameter adaptation: An improved success history based differential evolution*. Swarm and Evolutionary Computation, 2022. DOI 10.1016/j.swevo.2022.101057, IF 10.267 (JIMP)
- Tu Lam-Thanh, Nguyen Tan N., Duy Tran Trung, Tran Phuong T., Vozňák Miroslav, Aravanis Alexis, I.: *Broadcasting in Cognitive Radio Networks: A Fountain Codes Approach*. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2022. DOI 10.1109/TVT.2022.3188969, IF 6.239 (JIMP)
- Mehić Miralem, Duliman M., Selimovic N., Vozňák Miroslav: *LoRaWAN End Nodes: Security and Energy Efficiency Analysis*. Alexandria Engineering Journal, 2022. DOI 10.1016/j.aej.2022.02.035, IF 6.626 (JIMP)
- Nguyen Tan N., Duy Tran Trung, Tran Phuong T., Vozňák Miroslav, Li Xingwang, Poor H. Vincent: *Partial and Full Relay Selection Algorithms for AF Multi-Relay Full-Duplex Networks With Self-Energy Recycling in Non-Identically Distributed Fading Channels*. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2022. DOI 10.1109/TVT.2022.3158340, IF 6.239 (JIMP)

Laboratoř pro náročné datové analýzy a simulace

- Tomčala J.: TSEntropies. 2019 (software)
- Böhm S., Beránek J.: RSDS. 2022 (software)

Laboratoř pro náročné datové analýzy a simulace/ Laboratoř pro výzkum infrastruktury

- Křenek J., Svatoň V., Martinovič J., Konvička J., Jaroš M., Moravec V.: High-end Application Execution Middleware v2. 2022 (software)

Výsledky posledního
hodnocení dle modulu
M1 metodiky RIV 2017+
hodnocené známkami
1-3

Laboratoř pro náročné datové analýzy a simulace

Laboratoř se specializuje na pokročilé datové analýzy, výzkum a vývoj v oblasti co-designu HPC, HPDA a cloud technologií se zaměřením na podporu průmyslu a společnosti, programové modely pro HPDA, umělou inteligenci, kvantové počítání, modelování, simulace a aplikace dynamických systémů.

Vedoucí laboratoře
Počet zaměstnanců

Ing. Jan Martinovič, Ph.D.
41,16 FTE

Významné události

- Start dvou projektů programu Horizont Evropa – **BioDT** koordinovaný finským CSC a **OpenWebSearch.EU** koordinovaný německou Universitát Passau.
- V Praze proběhl **hackathon** pro rozvoj softwaru FIJI pro zpracování biologických obrazů. Iniciátorem akce byl Vladimír Ulman.
- Laboratoř se podílela na vývoji a zdokonalení specializovaných softwarů pro jednodušší a rychlejší zkoumání proteinů, a to v rámci projektu **Centra PerMed**. Softwary, bezplatně zpřístupněné vědeckým pracovníkům, otevírají nové možnosti pro vývoj léků.
- Spolupráce s Policií České republiky na **vývoji modelů k predikci kriminality** a sociálně patogenních jevů na území České republiky.
- Vyvinut nástroj **HyperQueue**, který zjednodušuje využití superpočítačů s komplexními zdroji a poskytuje jednoduché rozhraní pro zadávání výpočetních úloh.
- Úspěšné závěrečné přezkoumání a přechod do fáze udržitelnosti projektu **LEXIS** programu Horizont 2020. LEXIS byl koordinovaný laboratoří ADAS a platforma LEXIS je využívána v dalších výzkumných projektech.
- Platforma LEXIS a nástroj HyperQueue jsou využívány v projektu BioDT a jsou nedílnou součástí jeho řešení. Tyto nástroje získávají uznání v evropském měřítku. Probíhá vyhodnocení možnosti využití platformy LEXIS, např. v projektu Digital Twin Ocean.
- Přijetí návrhu projektu **EXA4MIND** programu Horizont Evropa koordinovaného IT4Innovations.
- Spolupráce na podání návrhu projektu LUMI-Q a jeho přijetí.
- Úspěšné uzavření výzkumného programu **Bioimage Informatics**, který byl součástí projektu „IT4Innovations národní superpočítačové centrum – cesta k exascale“ Operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání MŠMT. Výzkumný program byl úspěšně prezentován a obhájen před odbornými hodnotiteli i před zástupci poskytovatele.
- Vydání deterministické verze dopravního simulátoru IT4Innovations v rámci projektu EVEREST programu Horizont 2020.
- Byla vydána **nová verze middlewaru HEAppE**, která podporuje lokální simulační prostředí HPC clusteru zaměřené na lokální výpočetní funkce.
- Georg Zitzlsberger získal dvě certifikace v rámci programu **NVIDIA Deep Learning Institute** pro oblast AI – Applications of AI for Anomaly Detection a Applications of AI for Predictive Maintenance.

Laboratoř pro výzkum infrastruktury

Laboratoř se specializuje na vývoj a akceleraci paralelních aplikací, analýzu kódu, optimalizaci výkonu a škálovatelnosti a energetické spotřeby HPC aplikací, rozvoj služeb pro uživatele infrastruktury, zpracování medicínských dat, vizualizaci vědeckých dat, virtuální a rozšířenou realitu.

Vedoucí laboratoře
Počet zaměstnanců

doc. Ing. Lubomír Říha, Ph.D.
15,54 FTE

Významné události

- Markéta Hrabánková, Ondřej Meca, Tomáš Brzobohatý (Laboratoř vývoje paralelních algoritmů), Lubomír Říha, Milan Jaroš, and Petr Strakoš vyhráli se svým příspěvkem „Toward Scalable Voxelizeation of Meshes with High Growth Rate“ ocenění **Nejlepší vědecký poster konference SC22**, která se konala v americkém Dallasu.
- Přijetí dvou návrhů projektů **Evropských center excellence** financovaných Evropskou unií a podpořených společným celoevropským podnikem EuroHPC (MaX3 a SPACE), na jejichž řešení se IT4Innovations bude podílet.
- Zahájen projekt EuroHPC JU – EUPEX, koordinovaný francouzskou firmou Atos (Bull SAS).
- Příprava a uspořádání kurzů – v rámci PRACE Training Center kurzy „Introduction to Performance and Energy Efficiency Analysis“ a „Introduction to HPC“, pod hlavičkou projektu e-INFRA CZ kurz na CUDA programování, školení EuroCC pro nově vyvinutou službu Medical-as-a-Service a v rámci mezinárodního projektu SCtrain jednodenní kurz Introduction to Parallel Programming.
- Ve spolupráci s Laboratoří pro modelování nanotechnologií podán projekt „**Kombinace holografické a digitální bezpečnostní ochrany**“, přijatý k financování programem TREND Technologické agentury České republiky.
- Vývoj **monitoringu výkonu a spotřeby energie superpočítačů** IT4Innovations (Karolina a Barbora) včetně korelace s úlohami PBS.
- Definice **metodiky pro zlepšení energetické účinnosti** systémů IT4Innovations.
- Pozvané přednášky na Austrian-Slovenian HPC Meeting 2022 (ASHPC22) a HPCSE 2022.
- Kristian Kadlubiak úspěšně absolvoval certifikační program pro školitele Train the Trainer Program na téma paralelní programování, a to pod záštitou **Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart** (HLRS).

Laboratoř vývoje paralelních algoritmů

Laboratoř je zaměřena primárně na podporu průmyslu. Nabízí kvalitní aplikovaný výzkum v oblasti vývoje škálovatelných algoritmů a HPC knihoven, numerické modelování a simulace, a nasazení umělé inteligence v inženýrství.

Vedoucí laboratoře
Počet zaměstnanců

Ing. Tomáš Karásek, Ph.D.
16,15 FTE

Významné události

- V roce 2022 pokračovala spolupráce se společnostmi Siemens s.r.o. a Orgrez a.s. na projektech „Digitální dvojče produktu v rámci výrobních závodů Siemens“, respektive „Výzkum a vývoj aplikačního SW nástroje pro efektivní hodnocení katalytických procesů“.
- Byl ukončen projekt EuroCC, pod jehož záštitou vzniklo a fungovalo **Národní centrum kompetence pro HPC** (NCK). Za dobu své existence (jsou to necelé 3 roky). NCK připravilo takřka desítku vzdělávacích akcí a navázalo řadu úspěšných spoluprací nejen s průmyslem. Připraven a podán byl projekt EuroCC 2 zajišťující pokračování NCK.
- Tomáš Brzobohatý s kolegy z Laboratoře pro výzkum infrastruktury vyhrál s příspěvkem „Toward Scalable Voxelization of Meshes with High Growth Rate“ ocenění **Nejlepší vědecký poster konference SC22**, která se konala v americkém Dallasu.
- Aktivní zapojení při organizaci konference High Performance Computing in Science and Engineering (**HPCSE 2022**).
- V březnu 2022 byla při příležitosti konání konference EuroHPC Summit Week vyhlášena ocenění za stáže PRACE Summer of HPC 2021. Cenu **PRACE Summer of HPC 2021 HPC Ambassador** získaly studentky Jenay Patel z britské Univerzity v Nottinghamu a Carola Ciaramelletti z italské Università degli studi dell'Aquila, které zkoumaly molekulární dynamiku na kvantových počítačích pod vedením mentorů Martina Besedy a Stanislava Paláčka.
- Zaoral F.: Softwarový nástroj pro automatizaci pre-processingu v analýze využívající metody konečných prvků/objemů; 017/30-11-2022_SW; 2022.
- Hrabánková M., Meca O., Jaroš M., Brzobohatý T., Říha L., Strakoš P.: Paralelní převod výsledků nestruturovaných sítí do strukturované sítě pro účely volume renderingu; 029/14-12-2022_SW; 2022.
- Meca O., Brzobohatý T., Říha L.: Paralelní načítání nestruturované sítě ve formátu Neper; 026/14-12-2022_SW; 2022
- Ve spolupráci s Middle East Technical University připraven a uspořádán kurz „**High Performance CFD using OpenFOAM**“, kterého se zúčastnilo 90 osob.

Laboratoř modelování pro nanotechnologie

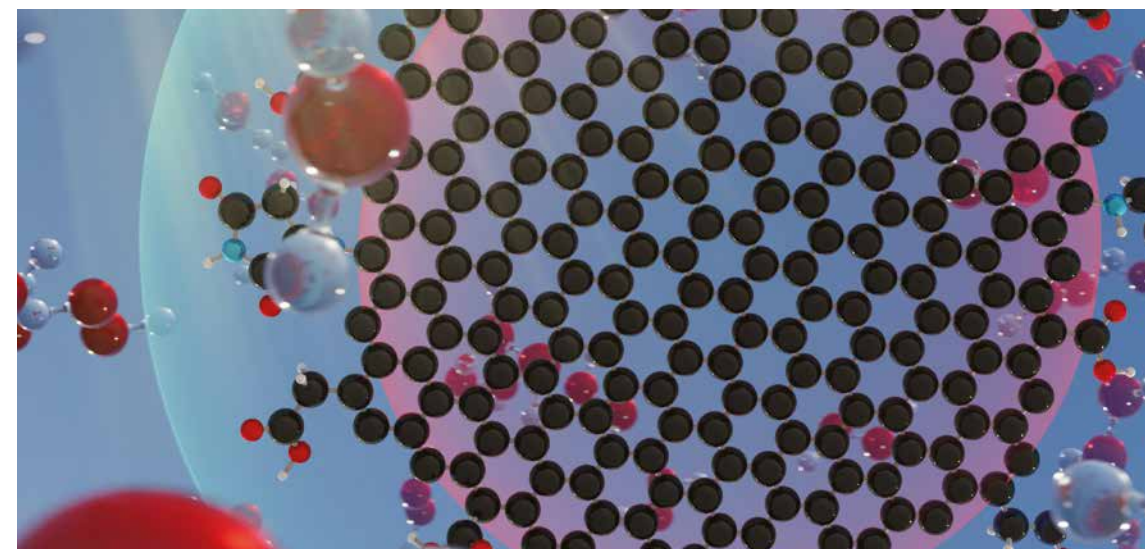
Laboratoř je zaměřena na design, počítačové modelování, přípravu a experimentální charakterizaci v oblasti pokročilých nanomateriálů a nanotechnologií. Dále se věnuje vývoji speciálních povrchů pro nanooptiku a disponuje nejmodernějším experimentálním vybavením pro studium nanosystémů.

Vedoucí laboratoře
Počet zaměstnanců

prof. RNDr. Michal Otyepka, Ph.D.
19,05 FTE

Významné události

- Vědci z několika českých výzkumných ústavů včetně IT4Innovations vyvinuli **novou anodu pro lithium-iontové baterie** na bázi kyseliny grafenové – hustě karboxylovaného derivátu grafenu.
- Lukáš Halagačka absolvoval stáž zaměřenou na studium struktur křemíkových nanodrátků pro přípravu solárních článků na **prestižní École Polytechnique v Pa-laiseau**.
- Ve spolupráci s vědci z několika výzkumných ústavů byl vyvinut levný, účinný a recyklovaný materiál, který dokáže ve vodě **odhalit i likvidovat těžké kovy**.
- Profesor **Pavel Hobza**, který je členem týmu Laboratoře modelování pro nanotechnologie, získal **Cenu NF Neuron** v oboru chemie.



↔ Autor obrázku: Martin Pykal



Laboratoř pro big data analýzy

Laboratoř se zaměřuje na bezpečnost sítí, internet věcí, analýzu velkých objemů dat, zpracování řeči a dále na aplikace umělé inteligence v komplexních systémech. Soustředí se na efektivní metody zpracování a získávání znalostí.

Vedoucí laboratoře
Počet zaměstnanců

prof. Ing. Miroslav Vozňák, Ph.D.
3,54 FTE

Významné aktivity

- Pokračování projektu programu Horizont 2020 – **OpenQKD** (Open European Quantum Key Distribution Testbed), jehož cílem je vytvořit testbed vysoce zabezpečené sítě využívající pro distribuci klíčů principy kvantové mechaniky a zároveň posílit bezpečnost kritických aplikací v oblasti telekomunikací, zdravotnictví, energetiky a řady dalších strategických oblastí.
- Práce na projektu **Umělá inteligence a uvažování**, podpořeného MŠMT, který se zabývá metodami umělé inteligence v automatickém uvažování, formální verifikaci teorií a systémů, plánováním a rozvrhováním a jejich průmyslovým použitím, složitými systémy a výpočetní lingvistikou.



↔ Karolina

Superpočítač Karolina byl v době uvedení do provozu, dle žebříčku TOP500, 69. největším superpočítačem světa.

6

Vzdělávací a školicí aktivity

IT4Innovations se dlouhodobě podílí na celé řadě vzdělávacích a školicích aktivit. Každoročně nabízí okolo 20 kurzů, workshopů a konferencí zaměřených na HPC, HPDA, QC a AI. Kurzy vedou nejen odborníci z IT4Innovations, ale také lektori předních zahraničních institucí.

Vzdělávací aktivity

IT4Innovations společně s Fakultou elektrotechniky a informatiky VŠB-TUO připravili a úspěšně akreditovali doktorský studijní program **Informatika a výpočetní vědy**, který je zaměřen mimo jiné na využití HPC, HPDA a AI ve vědě a průmyslu. V dojíždícím doktorském studijním programu Výpočetní vědy v roce 2022 studovalo 22 studentů a studium úspěšně zakončili dva studenti. Program je součástí Doktorské školy MathInHPC (www.mathinhpc.cz) sdružující přední česká pracoviště zaměřená na oblast výzkumu matematických metod v HPC a jejich aplikací. Jeho studentky

a studenti si tak mohou vybrat ze společné nabídky předmětů zapojených institucí a také z témat disertačních prací pod společným vedením. Partneři doktorské školy jsou například Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy či Matematický ústav Akademie věd ČR.

IT4Innovations se významně podílí na výuce v magisterském studijním programu Výpočetní a aplikovaná matematika, který je garantován Katedrou aplikované matematiky Fakulty elektrotechniky a informatiky VŠB-TUO. V roce 2022 naši kolegové z Laboratoře pro náročné datové analýzy a simulace připravili předmět Úvod do kvantového počítání, který v roce 2023 začnou studovat první studenti Fakulty elektrotechniky a informatiky VŠB-TUO.

Nadto je IT4Innovations členem mezinárodního konsorcia, které realizuje historicky první celoevropský magisterský studijní program zaměřený čistě na oblast vysoce výkonného počítání – **EUMaster4HPC**. Konsorcium vedené Lucemburskou univerzitou tvoří univerzity, výzkumná a superpočítačová centra, partneři z řad průmyslových podniků a další spolupracující instituce. Magisterské studijní programy se rozběhly od zimního semestru 2022 na osmi evropských univerzitách. Zapojení České republiky do společného evropského podniku EuroHPC umožňuje, aby se ke studiu přihlásili i čeští studenti. Absolventi najdou profesní uplatnění v rychle se rozvíjejících oborech, jako jsou HPC, vysoce výkonné datové analýzy nebo umělá inteligence. Tento projekt je součástí širší strategie EuroHPC JU na podporu rozvoje klíčových dovedností a vzdělávání a školení v oblasti HPC pro potřeby evropské vědy a průmyslu.

Školicí aktivity

IT4Innovations podporuje vědeckou komunitu a své uživatele pořádáním kurzů, tutoriálů, workshopů a dalších školicích akcí. Hlavním cílem těchto aktivit je všestranně zvyšovat kompetence uživatelů pro efektivní využívání jedinečné výpočetní infrastruktury IT4Innovations. V širším slova smyslu usiluje IT4Innovations také o zvyšování povědomí a úrovně znalostí v oblasti HPC v celonárodním měřítku, a to pro zájemce nejen z akademické, ale i z komerční sféry. Školicí aktivity mají rovněž celoevropský dosah, jelikož jsou otevřené pro evropskou komunitu v rámci mezinárodních projektů, kterých se IT4Innovations účastnilo a účastní, jako jsou PRACE, EuroCC, IO-SEA a další. Tematicky se kurzy nabízené IT4Innovations zaměřují na počítačové systémy a architekturu, programovací techniky a nástroje, knihovny a aplikace v oblastech HPC, HPDA, AI a nově také na kvantové počítání.

V roce 2022 proběhlo v IT4Innovations 17 vzdělávacích akcí a workshopů, které navštívilo 540 účastníků, ať prezenčně či online. Ve srovnání s předchozími roky se jedná o dvojnásobek. Sedm z nich proběhlo pod záštitou projektu PRACE, jelikož IT4Innovations bylo od roku 2017 školicím centrem PRACE, tzv. PRACE Training Center (PTC), šest pod hlavičkou projektu EuroCC, dva projektu IO-SEA a jeden projektu SCtrain.

- [Fundamentals of Deep Learning](#) (PTC kurz), 4. 1., online, 29 účastníků
- [Building Transformer-Based Natural Language Processing Applications](#) (PTC kurz), 5. 1., online, 25 účastníků

- SCtrain – Introduction to Parallel Programming, 31. 1.–4. 2., online, 39 účastníků
- Introduction to Machine and Deep Learning (PTC kurz), 15. 3., online, 28 účastníků
- Introduction to Performance and Energy Efficiency Analysis (PTC kurz), 5. 4., online, 19 účastníků
- High Performance CFD using OpenFOAM (EuroCC kurz), 28. 4., online, 90 účastníků
- Data Science with R and Python (PTC kurz), 12. 5., online, 30 účastníků
- Introduction to Atos QLM and how to use it to run your first quantum circuit (EuroCC kurz), 25. 5., online, 15 účastníků
- Fundamentals of Deep Learning using MultiGPUs (EuroCC kurz), 8. 6., online, 22 účastníků
- Introduction to HPC (PTC kurz), 14. 6., online, 18 účastníků
- GPU programming: CUDA (e-INFRA CZ), 7. 10., prezenčně, 7 účastníků
- IO-SEA: Software For Exascale Architectures Driven By Hierarchical Storage Management Approach, 13. 10., online, 37 účastníků
- Workshop kvantového počítání pro střední školy (EuroCC kurz), 21. 10., prezenčně, 33 účastníků
- Quantum Computing Workshop: Hybrid Systems (EuroCC kurz), 25. 11., online, 80 účastníků
- Introduction to Machine and Deep Learning (EuroCC kurz), 29. 11., hybridně, 21 účastníků
- IO-SEA: Cortx Motr Object Storage, 6. 12., hybridně, 28 účastníků
- Parallel Programming with OpenMP (PTC kurz), 7.–8. 12., online, 19 účastníků

PRACE Summer of HPC

V rámci projektu PRACE a jeho šesté implementační fáze měli v roce 2022 již podesáté studenti možnost zúčastnit se letních stáží v evropských superpočítačových centrech. V tomto posledním ročníku v létě 2022 příležitost zažít letní stáž v superpočítačovém centru využilo 29 studentů, kteří pracovali na 22 projektech. IT4Innovations hostilo čtyři z nich.

Na projektu „Fundamentals of Quantum Algorithms and their Implementation“ pod vedením Jiřího Tomčaly pracovala Monika Das z francouzské University of Bourgogne-Franche-Comté a Leo Lassalle z francouzské Polytech Sorbonne.

Druhý tým studentů vedl Dominik Legut. Na jeho projektu „Heat Transport in Novel Nuclear Fuels“ pracovali Luigi Camerano Spelta Rapini a Mattia Iannetti z italské University of L'Aquila.



↔ Noc vědců

IT4Innovations se zapojilo do Noci vědců. Večerní akce, během které se otevírají stovky vědeckých pracovišť, proběhla v pátek 30. září a do budovy IT4Innovations přilákala rekordních 900 návštěvníků.

7

Seznam projektů

Národní projekty

Projekty v oblasti superpočítačových služeb

Projekty podpořené Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy

Projekt velkých infrastruktur pro výzkum, experimentální vývoj a inovace

e-Infrastruktura CZ (2020–2022)

→ Identifikátor projektu: LM2018140
→ Řešitel: doc. Mgr. Vít Vondrák, Ph.D.

→ e-INFRA CZ je unikátní e-infrastrukturou pro výzkum, vývoj a inovace v ČR, která představuje plně transparentní prostředí poskytující komplexní kapacity a zdroje pro přenos, ukládání a zpracování vědeckých dat všem subjektům zabývajícím se výzkumem, vývojem a inovacemi, bez ohledu na to, v jakém odvětví je provádí. Vytváří komunikační, informační, úložnou a výpočetní platformu pro výzkum, vývoj a inovace, jak na národní, tak i mezinárodní úrovni, a poskytuje rozsáhlé a ucelené portfolio služeb v oblasti informačních a komunikačních technologií (ICT), bez kterých moderní výzkum, vývoj a inovace nemohou být realizovány.

Mezi hlavní složky e-INFRA CZ patří:

- vysoce výkonná národní komunikační infrastruktura,
- národní gridová a cloudová infrastruktura,
- nejvýkonnější a nejmodernější superpočítačové systémy ČR,
- velkokapacitní datová úložiště.

Nezbytnou součástí a přidanou hodnotou této e-infrastruktury jsou rovněž další nástroje a služby, jako např. řízení přístupu k ICT zdrojům, nástroje podporující

vzdálenou spolupráci nebo nástroje pro zajištění bezpečné komunikace a ochrany dat, které společně přispívají k jejímu efektivnímu a současně různorodému využití.

Projekty Operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání

IT4Innovations národní superpočítačové centrum – cesta k exascale (2017–2022)

→ Identifikátor projektu: EF16_013/0001791
→ Řešitel: Mgr. Branislav Jansík, Ph.D.

→ Hlavním cílem projektu bylo rozšíření a modernizace výzkumné infrastruktury IT4Innovations tak, aby byla udržena stávající technologická úroveň HPC v ČR v porovnání s rozvinutými, zejména evropskými zeměmi. Záměrem aktivit tohoto projektu bylo v roce 2018 modernizovat vybavení a stávající superpočítače doplnit technologicky pokročilejším klastrem rozsahem a určením obdobným stávajícímu systému Anselm (fyzicky proběhlo 2019 pořízení superpočítače Barбора). V roce 2021 byl pořízen superpočítač Karolina, který svou kapacitou několikanásobně předčil Salomon, dosud nejvýkonnější systém IT4Innovations.

V rámci projektu bylo také podpořeno kvalitní výzkum široké akademické komunity ČR a rozšíření stávajících výzkumných aktivit v IT4Innovations v oblastech modelování fotonických a spinfotonických struktur, návrhu nových progresivních materiálů na základě výpočtu elektronové struktury a analýzy biologických obrazů s využitím HPC. Vlastní výzkum je pro infrastrukturu IT4Innovations důležitým zdrojem expertízy v oblasti HPC, která se promítá do služeb, jež infrastruktura poskytuje svým uživatelům.

e-INFRA CZ: Modernizace (2020–2023)

→ Identifikátor projektu: CZ.02.1.01/0.0/0.0/18_072/0015659
→ Řešitel: Mgr. Branislav Jansík, Ph.D.

→ Cílem projektu je modernizace a zajištění nezbytných kapacit v rámci konkrétních komponent e-infrastruktury tak, aby úroveň IT infrastrukturní podpory odpovídala predikovaným požadavkům uživatelské komunity pro dané období a zároveň state-of-the-art úrovni oboru. Projekt je zaměřen především na kompletní modernizaci všech vrstev společné komunikační infrastruktury a dále na upgrade prvků univerzálních e-infrastrukturních kapacit pro ukládání a zpracování dat. Nedílnou součástí řešení pak bude optimální technologické a logické provázání těchto modernizovaných kapacit s analogickými celky v evropském (GÉANT, EGI, EOSC, EuroHPC, ET-P4HPC, EUDAT, PRACE...) i globálním (GLIF) VaV prostoru a samozřejmě se souvisejícími infrastrukturami a entitami na národní úrovni.

**IT4Innovations
národní superpočítačové centrum –
cesta k exascale
(2017-2022)**

Projekty v oblasti výzkumu a vývoje

Projekty podpořené Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy

Projekty Operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání

→ Identifikátor projektu: EF16_013/0001791

→ Řešitel: Mgr. Branislav Jansík, Ph.D.

→ Cílem projektu bylo mimo jiné rozšíření vlastního výzkumu IT4Innovations ve třech oblastech: 1. Modelování fotonických a spinfotonických struktur, návrhu nových progresivních materiálů na základě výpočtu elektronové struktury a analýzy biologických obrazů s využitím HPC. Vlastní výzkum je pro infrastrukturu IT4Innovations důležitým zdrojem expertízy v oblasti HPC, která se promítá do služeb, které infrastruktura poskytuje svým uživatelům. 2. Použití aproximací zahrnujících vliv vícečásticových efektů (many-body effects – MB) u elektronů. Dále to bylo zahrnutí teplotních efektů do výpočtových metod, tj. zejména anharmonických efektů mřížkových vibrací, a tedy možnost studovat materiály v podmínkách blízkých se realitě. V poslední řadě se jednalo o možnosti a přístup studovat jevy na mesoscale úrovni, tj. zahrnutím několika desítek tisíc až milionů atomů, např. vlivu rozhraní, dislokací a jiných poruch na materiálové vlastnosti, neboť tyto poruchy existují v reálných materiálech a limitují často jejich použití. 3. Vytvoření světově unikátní platformy pro analýzu biologických a biomedicínských obrazových dat na vysoce výkonné výpočetní infrastruktuře na bázi volně dostupné open-source platformy Fiji.

**Umělá inteligence
a uvažování
(2017-2022)**

→ Identifikátor projektu: CZ.02.1.01/0.0/0.0/15_003/0000466

→ Řešitel: prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.

→ Projekt Umělá inteligence a uvažování přinesl zásadní opatření pro rozvoj informačního, robotického a kybernetického výzkumu na Českém vysokém učení technickém v Praze. Vybudována byla nová výzkumná skupina Umělá inteligence a uvažování v rámci dotčené součásti Českého institutu informatiky, robotiky a kybernetiky (CIIRC), řešící náročné interdisciplinární úlohy vysoké odborné i společenské priority. Projekt se opřel i o národní partnery (VŠB-TUO a Západočeská univerzita v Plzni). Motivace pro jejich zapojení spočívala v důrazu na koncentraci a integraci zdrojů, sdílení znalostí i infrastruktury a v neposlední řadě na vytvoření „sjednoceného prostoru příležitostí“ pro mladé talenty v ČR.

**Modelování
srážkových procesů
v nízkoteplotním
plazmatu
(2021-2022)**

→ Identifikátor projektu: DGS/TEAM/2020-020

→ Řešitel: Ing. Martin Beseda

→ Projekt byl součástí širšího výzkumu ve spolupráci s Universitě Toulouse III – Paul Sabatier (UPS), zaměřeného na výzkum nízkoteplotního plazmatu na bázi vzácných plynů (především) pro biomedicínské aplikace. Zahrnoval dvě disertační práce (Beseda, Fresnelle) vytvořené v rámci double-degree studijního programu a dvě další práce (Horáčková, Paláček). Projekt byl zaměřen na modelování interakcí plazmatu se vzduchem jako první krok k pochopení interakcí mezi aktivními druhy plazmatu s biomedicínskými substráty. Tento projekt navazoval na předchozí výzkumné úsilí (jedna práce vzniklá pod dvojím vedením, jedna práce vzniklá v rámci double-degree studijního programu, cca jedenáct publikovaných prací).



↔ **Návštěva z Evropské unie**

V červenci zavítali do IT4Innovations velvyslanci zasedající ve Výboru stálých zástupců členských států v Radě Evropské unie.

Vývoj nástroje pro zpracování a vizualizaci vědeckých dat ve VR s podporou více uživatelů (2021-2023)

- Identifikátor projektu: DGS/TEAM/2020-008
- Řešitelka: Ing. Markéta Hrabánková
- Potřeba vizualizovat data z rozsáhlých výpočtů na HPC systémech se neustále zvyšuje. Je důležité monitorovat tyto systémy i během jejich běhu a tyto informace vhodně vizualizovat. Pro intuitivnější zkoumání dat je žádoucí používat 3D vizualizace. Za tímto účelem chceme vytvořit open-source nástroje, které umožní zpracovávat a vizualizovat data ve vysoké kvalitě a budou podporovat jejich prezentaci ve virtuální realitě (VR). Námi vyvíjené nástroje budou konkrétně zaměřeny na vizualizaci lékařských dat, monitorování běhu HPC clusterů a vizualizaci výsledků simulací z paralelních simulačních open-source nástrojů. Hlavním cílem projektu jsou vysoce kvalitní vizualizace ve VR. Dalším cílem bude posílení spolupráce mezi výzkumníky s různými specializacemi. Výzkumníci v rámci studentského grantu, kteří pocházejí z několika různých fakult univerzity, budou spolupracovat na naplnění cíle projektu. Cílem je také rozšířit spolupráci se zahraničními partnery. Půjde zejména o rozšíření spolupráce s HLRS (HPC Center Stuttgart), se kterým jsme již spolupracovali v rámci evropského projektu (POP). Stejně tak bude rozšířena spolupráce s Blender Institute, se kterým jsme spolupracovali při přípravě několika „open movie“ filmů.

V rámci projektu bude také aktivováno monitorování spotřeby zdrojů HPC clusterů IT4Innovations a jejich vizualizace. Tato funkce, kterou ocení správci i uživatelé těchto systémů, umožní navazující výzkum opírající se o získaná data, jako například výzkum plánování úloh s ohledem na spotřebu energie.

Nové zdroje THz záření emitovaného pomocí spintronických jevů (2021-2023)

- Identifikátor projektu: DGS/TEAM/2020-027
- Řešitel: Ing. Pierre Koleják
- Terahertzové (c) spektrum má obrovský potenciál pro lékařské, bezpečnostní a telekomunikační aplikace. Proto je žádoucí vyvinout nové zdroje terahertzových vln s rychlou odezvou, intenzivním signálem, řízenými polarizačními vlastnostmi a snadnou implementací. V rámci projektu budou navrženy, vyvíjeny a charakterizovány terahertzové zdroje využívající spintronické jevy, jako jsou terahertzové spintronické emitory založené na spin-Hallově jevu a THz zdroje založené na spinovém laseru. Pro zvýšení výkonu těchto zařízení budou použity fotonické a plazmonické struktury, včetně Braggovy mřížky a plazmonických materiálů pro spintronické emitory a anizotropní 2D mřížky pro spinové lasery. K popisu spinové hybnosti a širokospektrálních optických vlastností použijeme nekonvenční charakterizační metody, včetně terahertzové spektroskopie v časové doméně a z ní získaných měření na principu „pump-probe“. Numerické simulace ultrarychlé dynamiky a přenosu spinu umožní hlubší pochopení procesů generování THz záření na bázi spinu. Projekt je vysoce interdisciplinární a zahrnuje přístupy a metody z optiky, magnetismu, inženýrství, pokročilých nanotechnologií, vysoce výkonného počítačového modelování a aplikované kvantové teorie.

Vývoj výpočetních algoritmů pro řešení nelineárních úloh strukturální dynamiky s využitím numerické knihovny ESPRESO (2021-2023)

- Identifikátor projektu: DGS/TEAM/2020-033
- Řešitel: Ing. Michal Molčan
- Nejnovější pokroky v oblasti vysoce výkonného počítání, zejména neustále se zvyšující dostupný výkon dnešních superpočítačů, umožňují vytvářet velmi přesné výpočetní modely a určovat jejich chování v obstojném časovém horizontu. Vzhledem k problémům se škálovatelností současných výpočetních postupů je

třeba vyvinout moderní, škálovatelné algoritmy, které by plně využily potenciál HPC architektury.

Cílem navrhovaného projektu je vyvinout výpočetní postupy zaměřené na řešení nelineárních úloh strukturální dynamiky. Tyto postupy budou navíc aplikovány na výpočetní modely rotačních strojů, diskretně řešených pomocí trojrozměrných konečných prvků, za účelem analýzy jejich vibrací. V rámci tohoto projektu budou řešitelé vyvíjet postupy pro: 1. stanovení odezvy v ustáleném stavu pomocí metody harmonické rovnováhy (HBM), 2. stanovení amplitudové a frekvenční křivky odezvy pomocí metody kontinuity, 3. analýzu stability a obecné bifurkace odezvy v ustáleném stavu, 4. identifikace optimální strategie pro určení amplitudové a frekvenční křivky odezvy pomocí metody T-FETI (Total Finite Element Tearing and Interconnecting) na linearizovaný model, včetně použití vhodných předpokladiňovačů a projektorů hrubého prostoru, 5. určení přechodové odezvy modelu na základě korotační formulace konečných prvků s využitím časové integrace. Postupy budou vytvořeny a studovány na testovacích případech v softwaru MATLAB a následně implementovány v programu ESPRESO (ExaScale PaRallel FETI Solver), který byl vyvinut v rámci projektu IT4Innovations s otevřeným zdrojovým kódem a testován na reálných průmyslových případech.

Podpora mobility výzkumných pracovníků a pracovníků v rámci mezinárodní spolupráce ve VaVal

Víceúrovňový design nových permanentních magnetů bez prvků vzácných zemin (2020-2022)

- Identifikátor projektu: 8X20050
- Řešitel: Ing. Dominik Legut, Ph.D.
- Plánovaný výzkum byl provázaný společnou náplní institucí – VŠB-TUO, Prešovské univerzity a Univerzity Donau-Krems. Projekt spočíval v hledání permanentních magnetů bez elementů vzácných zemin, v detailní systematické studii Fe-Ta a Fe-Hf sloučenin pomocí adaptativních genetických algoritmů. Nejlepší nalezené fáze, tj. ty které splňovaly jak zápornou enthalpii (indikace fázové stability), vysokou saturační magnetizaci a jednoosou symetrii struktury, byly dále podrobeny testům, zda rovněž vykazují vysokou magnetokrystalovou anisotropii, výměnné integrály ($J's$) a teplotu (T_C) přechodu z magnetického do paramagnetického stavu. MAE a $J's$ byla získána pomocí kvantově-mechanických výpočtů na HPC infrastruktuře a následně pomocí výpočtů atomové spinové dynamiky T_C . Strukturální parametry nejvíce vyhovujících predikovaných fází byly následně předány slovenským partnerům pro jejich syntézu a změření magnetických veličin, např. magnetizace, magnetické susceptibility atd. Ve stejné době rakouský partner provedl mikromagnetické simulace určující magnetické chování daných materiálů s ohledem na jejich texturu, tvar, či tloušťku a za různých teplot.

Mezinárodní spolupráce ve výzkumu a vývoji

Vliv termoelektrických efektů na spin-orbitální torze v 2D van der Waalových materiálech (2022-2025)

- Identifikátor projektu: LUASK22099
- Řešitel: Ing. Dominik Legut, Ph.D.
- 2D materiály umožňují budování nových funkčních nanozařízení a zároveň slouží jako pokročilý směr možnosti uplatnění v nanotechnologiích. Funkční nanozařízení, tj. zařízení v rozměrech nano, budou součástí moderní společnosti 21. století. Jedním z nich je i nesmazatelný element magnetických pamětí, který je kontrolován pomocí elektrického proudu a tzv. anomálních jevů (např. anomální Hallův jev), a to v důsledku spin-orbitální interakce v materiálech, či na jejich rozhraních. Projekt vychází z předpokladu, že takový element musí být tvořen jednak magnetickou částí, aby uložil danou informaci, a zároveň nemagnetickou část avšak s velmi silnou spin-orbitální interakcí, která dovolí spin-orbitální torzi jedinečnou kontrolu magnetické dynamiky, tj. zápisu a čtení dat. Klíčová otázka, na kterou dá projekt odpověď je, jak tzv. Joulovo teplo produkované protékajícím proudem v tomto nanozařízení ovlivňuje velikost spin-orbitální torze. Projekt má za úkol objasnit a vysvětlit roli vlivu rozhraní a teploty na velikost spin-orbitální torzi v heterostrukturách na bázi van der Waalových 2D materiálech. Uplatněny budou zkušenosti a výpočetní postupy obou partnerů (VŠB-TUO a Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach), které se doplňují pro určení termoelektrických jevů a vlivu rozhraní pro experimentálně relevantních 2D systémů pro spin-orbitální torzi.

Projekty podpořené Moravskoslezským krajem

Individuální dotace

Digitální inovační hub – pilotní ověření (2020-2022)

- Identifikátor projektu: 081832019 RRC (S516/20-96100-01RN)
- Řešitel: Mgr. Martin Duda
- Finanční podpora Moravskoslezského kraje byla určena na poskytování cenově zvýhodněných služeb spojených s využíváním výpočetních kapacit IT4Innovations. Tato podpora byla určena pro malé a střední podniky se sídlem, resp. pobočkou v Moravskoslezském kraji, a byla poskytována v rámci režimu de minimis, a to v období let 2020 až 2022. Cílem této podpory bylo umožnit progresivním malým a středním firmám, včetně start-upů, využít pro rozvoj svého podnikání superpočítačové technologie a expertízu.

Projekty podpořené Grantovou agenturou České republiky

Mezinárodní grantové projekty hodnocené na principu LEAD Agency

Magnetismus na rozhraní: z kvantového do reálného světa (2022-2025)

- Identifikátor projektu: 22-35410K
- Řešitel: Ing. Dominik Legut, Ph.D.
- Permanentní magnety jsou klíčová technologie moderní společnosti s aplikacemi jako je klimatizace, mobilita, nebo energetické zdroje. V současných permanentních magnetech defekty na atomové škále, např. hranice zrn, mají nejdůležitější vliv na makroskopické magnetické vlastnosti (např. na koercivitu). Projekt se bude věnovat studiu a vývoji teorie pro chování koercivity s ohledem na lokální

atomovou strukturu (rozhraní, hranice zrn), jejího vlivu na prostorovou variaci magnetických vlastností a mikrostrukturu. Vytvořeno bude unikátní schéma simulačních postupů mezi kvantově-mechanickými výpočty, atomovou spinovou dynamikou a kontinuální mikromagnetickými simulacemi. Magnetické vlastnosti budou tedy nově brány v potaz již na atomové škále, tj. se zahrnutím defektů atomů na rozhraní a hranic zrn. Nedojde tak k používání zastaralých předpokladů v použití magnetických vlastností z pevných fází. To umožní vybudovat víceškálový model pro určení magnetických vlastností reálných materiálů.

Standardní grantové projekty

Modifikace teplotní stability slitin na bázi W-Cr pro aplikace ve fúzních reaktorech (2020-2022)

- Identifikátor projektu: 20-18392S
- Řešitel: Dr. Andrzej Kądziaława
- Projekt se zabýval fyzikálními principy, které povedou ke zvýšení oblasti fázové stability mezi tzv. teplotou nemísitelnosti a teplotou tání na příkladu žádaných slitin se samopasivační rolí pro stěny fúzního reaktoru. Za tímto účelem byl zkonstruován fázový diagram systému W-Cr pomocí metod z prvních principů a z něho určeny fyzikální vlastnosti (rychlost zvuku, teplota tání, oblast nemísitelnosti). Jak fázový diagram tak uvedené veličiny byly ověřeny experimentálně. Přidáním transitivního kovu 6. periody došlo ke změnám teplot tání i teploty mísitelnosti fází. Hlavní myšlenkou projektu bylo určit změnu těchto teplot na základě změny akustických větví fononového spektra (elasticity) přidaného elementu. Pomocí XRD analýzy a RUS měření experimentálních vzorků byla obdržena data pro zpětnou vazbu pro teoretické modelování za účelem vyvinout slitinu odolávající „Loss of Coolant Accident“. Dále byl odvozen fyzikální model na základě Hubbardova hamiltoniánu určující vliv veličin, jako je entropie na chování oblasti nemísitelnosti.

Nekonvenční supravodiče v extrémních podmínkách (2022-2024)

- Identifikátor projektu: 22-22322S
- Řešitel: Ing. Dominik Legut, Ph.D.
- Nedávno objevená supravodivost v téměř magnetické sloučenině UTe₂ povzbudila zájem o nekonvenční supravodiče. Zatím publikované výsledky ukazují na vícero supravodivých fází, ale také magnetické uspořádání indukované působením vnějšího magnetického pole a/nebo hydrostatického tlaku. Odhalené podobnosti sloučeniny UTe₂ s chováním feromagnetických supravodičů URhGe, UCoGe a UGe₂ mohou pomoci k vytvoření sjednocené teorie nekonvenční supravodivosti. V projektu dojde ke společné intenzivní spolupráci experimentátorů (Univerzita Karlova) a teoretiků (VŠB – Technická univerzita Ostrava) v rozsáhlém zkoumání komplexního fázového diagramu sloučeniny UTe₂ a příbuzných sloučenin pomocí doposud nevídané kombinace experimentálního měření a aktuálních teoretických ab initio výpočtů teplotní roztažnosti, magnetostrikce, tepelné kapacity, magnetizace, elastických konstant a elektrického transportu nekonvenčních supravodičů v multiextrémních podmínkách.

Projekty podpořené Technologickou agenturou České republiky
Program Národní centra kompetence

Personalizovaná medicína – diagnostika a terapie (2019–2022)

- Identifikátor projektu: TN01000013
- Řešitel: Ing. Jan Martinovič, Ph.D.
- Centrum PerMed bylo zaměřeno na aplikovaný výzkum v oblasti diagnostiky a terapie zřídka a geneticky podmíněných onemocnění. Cílem práce centra bylo vyvinout personalizované diagnostické metody a zároveň látky – kandidáty léčiv, které budou pomáhat specifickým skupinám pacientů. Přístup byl založen na interdisciplinarity kombinací medicíny, chemie a biologie, genetiky a bioinformatiky. Celý výzkum byl rozdělen do pracovních aktivit jako je validace vhodných molekulárních cílů, biologická chemie, preklinický vývoj, identifikace biomarkerů a DNA analýzu. Výsledky centra PerMed byly komercializovány jednak prodejem licencí a jednak vznikem spin-off společností.

Program TREND

Vývoj expertního systému pro automatické vyhodnocování patologií ze snímku oka (2020–2022)

- Identifikátor projektu: FW2020151
- Řešitelka: Ing. Kateřina Slaninová, Ph.D.
- Hlavním cílem projektu bylo v souladu s cílem programu TREND zvýšit mezinárodní konkurenceschopnost uchazeče Bonmedix Holding a.s, a to především proniknutím na trhy v EU a USA s nově vyvinutou službou, která bude následně certifikována jako zdravotnický prostředek.

Hlavního cíle bylo dosaženo prostřednictvím vývoje a následného klinického otestování SW prototypu expertního systému pro automatické vyhodnocování patologií ze snímku oka při diagnostice diabetické retinopatie. Expertní systém využíval počítačovou neuronovou síť a matematicko-statistické metody, které prokázaly svou schopnost automaticky vyhodnocovat patologie na obrazových záznamech oka v obdobné kvalitě jako plně kvalifikovaný zdravotnický pracovník a tato schopnost byla následně klinicky ověřena na reálných datech.

Výzkum a vývoj funkčního vzorku železničního vozidla se schopností sběru dat a softwaru – simulátoru se schopností generování dat pro trénování detekce překážek v simulovaných podmínkách (2020–2022)

- Identifikátor projektu: FW01010274
- Řešitel: Ing. Petr Strakoš, Ph.D.
- Cílem projektu bylo vyvinout funkční vzorek drážního vozidla detekujícího překážky v jízdním profilu s použitím soustavy HW čidel, sofistikovanou architekturou zpracování dat a s pomocí umělé inteligence pro jejich finální identifikaci a navazující interpretaci strojvedoucím. Součástí projektu, a jako klíčová podpora pro vývoj a optimalizaci detekčního systému, byla tvorba softwarového simulátoru pro virtualizaci traťových podmínek a realizaci testovacích jízd v laboratorním prostředí.

Vytvoření modelu pro hodnocení dopadů změn parametrů daňově-dávkového systému na socioekonomickou situaci rodin s dětmi v České republice (2021–2023)

Program ÉTA

- Identifikátor projektu: TL05000184
- Řešitel: prof. RNDr. Marek Lampart, Ph.D.
- Cílem projektu je na základě hloubkové a komplexní analýzy socioekonomického postavení českých domácností podle jednotlivých typů domácností, počtu dětí, absolutního a relativního příjmu v kontextu daňově-dávkového systému, vytvořit souhrnnou výzkumnou zprávu a software pro potřeby Ministerstva práce a sociálních věcí v oblasti realizace rodinné politiky. Výstupy hloubkové analýzy budou sloužit jako podkladový materiál pro vytvoření modelu daňově-dávkového systému implementovaného do softwaru, jehož hlavním účelem bude sledovat a vyhodnocovat dopad legislativních změn aktuální české rodinné politiky v oblasti daňově-dávkového systému na socioekonomické postavení konkrétní domácnosti podle jejího příjmu, typu a počtu dětí.

Projekty podpořené Ministerstvem průmyslu a obchodu
Projekty Operačního programu Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost

Digitální dvojče produktu v rámci výrobních závodů Siemens (2019–2022)

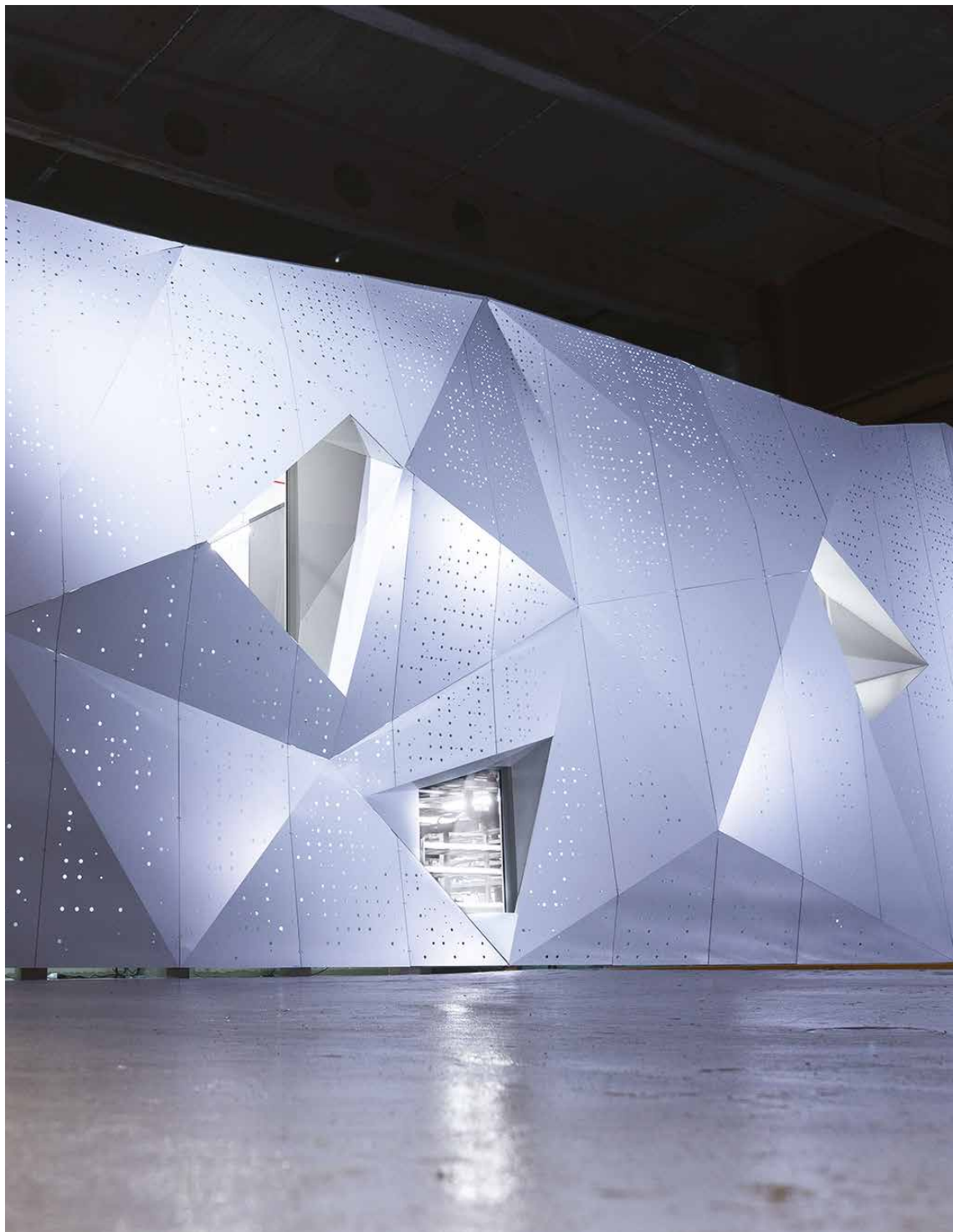
- Identifikátor projektu: CZ.01.1.02/0.0/0.0/17_176/0015651
- Řešitel: Ing. Tomáš Brzobohatý, Ph.D.
- Cílem projektu byl výzkum a vývoj digitálního dvojčete produktu a výrobního procesu ve společnosti Siemens. Projekt byl rozdělen do dvou částí, přičemž první část, tedy výzkum a vývoj digitálního dvojčete produktu, asynchronního elektromotoru, probíhala v odštěpeném závodě Siemens s.r.o. Elektromotory Frenštát ve spolupráci s IT4Innovations.

SmartFleet – software na bázi AI pro plnohodnotné využití elektromobilů v podnicích a maximalizaci jejich podílu ve vozovém parku (2021–2023)

- Identifikátor projektu: CZ.01.1.02/0.0/0.0/20_321/0024896
- Řešitel: Ing. Kateřina Slaninová, Ph.D.
- Předmětem projektu je vytvoření platformy SmartFleet umožňující optimalizaci složení a využití vozového parku firem s důrazem na maximální zapojení vozidel s alternativním pohonem (zejména elektrovozidla). Řešení bude vyvíjeno jako mezioborové a open – flexibilní co se týče nových vstupů (např. umístění vodíkových stanic v budoucnu) umožňující iteraci při každé zvažované změně ve vozovém parku a řešící kompletní životní cyklus vozového parku.

Hologramy s aktivními bezpečnostními prvky (2021–2023)

- Identifikátor projektu: CZ.01.1.02/0.0/0.0/20_321/0024953
- Řešitel: doc. Dr. Mgr. Kamil Postava
- Cílem projektu je vyvinout pomocí společného průmyslového výzkumu firmy Optaglio a.s. a výzkumného pracoviště VŠB-TUO nové produkty v oblasti bezpečnostní holografie, které budou konkurenceschopné na světových trzích. Jedná se o zcela nové typy ochranných prvků proti padělání. Projekt se zaměřil na dva originální přístupy bezpečnostní holografie kombinující vysokou technickou úroveň výroby a pokročilé metody designu nanostruktur.



↔ LUMI

Česká výzkumná komunita počítá nejen na superpočítačích provozovaných v IT4Innovations, ale od konce roku 2021 i na superpočítači LUMI, který byl instalován ve finském Kajaani. Díky členství IT4Innovations v konsorciu LUMI, které tvoří deset evropských zemí, mají čeští vědci přístup k jednomu z nejvýkonnějších a nejmodernějších superpočítačů světa, jehož špičkový teoretický výkon v roce 2022 dosáhl 428 PFlop/s.

Výzkum a vývoj aplikačního SW nástroje pro efektivní hodnocení katalytických procesů (2021-2023)

- Identifikátor projektu: CZ.01.1.02/0.0/0.0/21_374/0026707
- Řešitel: Ing. Tomáš Brzobohatý, Ph.D.

→ Cílem projektu je vytvoření softwarového nástroje jak pro efektivní hodnocení katalytických procesů, tak pro komplexní podporu při návrhu SCR technologií pro průmyslové aplikace. Výzkumně-vývojové činnosti se zabývají řešením celkového procesu, jež ovlivňuje proces DeNOx redukcí oxidů dusíku ze spalin při reakci s plyným NH_3 . SW bude založen na algoritmech machine learningu a výpočtů proudění (CFD). SW má přímé komerční využití při řešení snižování emisí dusíku nejen v energetických závodech v ČR i v zahraničí.

Rozvoj, zabezpečení a škálovatelnost cloudových služeb v oblasti digitální transformace (2021-2023)

- Identifikátor projektu: CZ.01.1.02/0.0/0.0/20_321/0024591
- Řešitel: Ing. Kateřina Slaninová, Ph.D.

→ Předmětem projektu je realizace výzkumných a vývojových aktivit v oblasti cloudů a tiskových řešení. Projekt bude řešen v účinné spolupráci mezi Y Soft Print Management Solutions, a.s., VŠB-TUO a Českým vysokým učením technickým v Praze.

Projekty v oblasti vzdělávání

Projekty podpořené Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy

Projekty Operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání

Doktorská škola pro vzdělávání v oblasti matematických metod a nástrojů v HPC (2017-2022)

- Identifikátor projektu: CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_018/0002713
- Řešitel: prof. RNDr. René Kalus, Ph.D.

→ Hlavním cílem projektu bylo ustavení Doktorské školy pro vzdělávání v oblasti matematických metod a nástrojů v HPC integrující doktorská studia Univerzity Karlovy (Matematicko-fyzikální fakulta), Akademie věd ČR (Matematický ústav) a VŠB-TUO a navazující na jejich širší spolupráci v oblasti výzkumné. Součástí projektu byla modernizace a internacionalizace jednoho z doktorských programů školy (Výpočetní vědy, VŠB-TUO) a vytvoření nového programu double degree ve spolupráci s francouzskou Universitě Toulouse III Paul Sabatier. → www.mathinhpc.cz

Projekty VŠB-TUO, na kterých se podílíme

Podpora talentovaných studentů doktorského studia na VŠB-TUO (2019-2022)

- Identifikátor projektu: 07685/2019/RRC
- Koordinátor za IT4I: prof. Ing. Tomáš Kozubek, Ph.D.
- Poskytovatel: MSK

→ Cílem projektu byla podpora talentovaných studentů doktorského studia na VŠB-TUO. Podpora studentů byla ve formě vyplacení příspěvku k řádnému doktorskému stipendiu studentům. VŠB-TUO tak přispěla ve spolupráci s Moravskoslezským krajem k lepším podmínkám studentů v jejich vědecké činnosti, zejména pak ve vztahu využití výsledků jejich vědecké práce v aplikační sféře.

Technika pro budoucnost 2.0 (2019–2022)

- Identifikátor projektu: CZ.02. 2. 69/0.0/0.0/18_058/0010212
- Koordinátor za IT4I: prof. Ing. Tomáš Kozubek, Ph.D.
- Poskytovatel: MŠMT ČR
- Projekt řešil zvýšení kvality a profilace vzdělávacích aktivit a zvýšení jejich relevance pro trh práce. Zavedl nové formy výukových metod, vytvořil nové studijní programy, posílil internacionalizaci univerzity a vazby mezi univerzitou a jejími absolventy. Zavedl metody pro zvýšení účasti studentů se specifickými potřebami a strategii práce se studenty SŠ s cílem zvýšit jejich zájem o studium na VŠ. Zvýšil kapacity řídicích pracovníků VŠ a také kvalitu strategického řízení VŠ. Hlavním cílem projektu bylo zvýšit relevanci vzdělávacích aktivit VŠB-TUO pro potřeby trhu práce. To znamená dosáhnout stavu, kdy vzdělávací aktivity univerzity jsou v souladu s potřebami a specifiky trhu MSK a všech cílových skupin.

Věda bez hranic 2.0 (2020–2023)

- Identifikátor projektu: CZ.02. 2. 69/0.0/0.0/18_053/0016985
- Koordinátor za IT4I: prof. Ing. Tomáš Kozubek, Ph.D.
- Poskytovatel: MŠMT ČR
- Projekt Věda bez hranic 2.0 umožní realizaci 26 mezinárodních mobilit výzkumných pracovníků ze zahraničí do ČR i z ČR do zahraničí. Podpoří tak ne zcela dostatečnou úroveň mezinárodní spolupráce ve výzkumu a profesní růst lidských zdrojů ve výzkumu. Výzkumní pracovníci se budou rozvíjet ve svých oborech výzkumu, své poznatky přenesou na pracoviště a do výzkumných týmů VŠB-TUO. Podpora je směřována primárně na juniorské výzkumné pracovníky s potenciálem akcelerace jejich výzkumné práce.

Zapojení umělé inteligence do příjmu tísňového volání (2019–2022)

- Identifikátor projektu: VI20192022169
- Řešitel: Ing. Petr Berglowiec (Fakulta bezpečnostního inženýrství VŠB-TUO)
- Poskytovatel: MV ČR
- Projekt zkoumal nasazení umělé inteligence pro příjem tísňových volání v průběhu mimořádných událostí pomocí hlasového chatbota. Záměrem byl posun v řečové analytice, sémantické analýze, managementu dialogu a v hlasové syntéze, včetně integrace geografických informací. Výstupem byl funkční demonstrátor pracující s reálnými telefonními hovory v podmínkách blízkých nasazení v Integrovaném záchranném systému (IZS) a doporučení pro integraci systému a jeho další rozvoj k automatizaci IZS.

Národní centrum pro energetiku (2019–2022)

- Identifikátor projektu: TNO1000007
- Řešitel: prof. Ing. Stanislav Mišák, Ph.D. (Centrum ENET VŠB-TUO)
- Poskytovatel: TAČR
- Cílem Národního centra pro energetiku (NCE) byla stimulace dlouhodobé spolupráce mezi předními výzkumnými organizacemi a hlavními aplikačními subjekty na trhu v oboru energetiky. Došlo ke sdílení unikátních infrastruktur a know-how odborných týmů stávajících výzkumných center prostřednictvím řešení společných projektů aplikovaného výzkumu. Výzkumná agenda NCE byla v souladu s Národní RIS3 strategií a byla zaměřena na nové technologie vedoucí ke zvýšení

účinnosti, bezpečnosti a spolehlivosti stávajících energetických celků, účinnému nasazení a provozu decentralizovaných zdrojů energie, využití alternativních paliv pro zajištění surovinové nezávislosti a energetické soběstačnosti ČR a zvýšení spolehlivosti a bezpečnosti energetických sítí.

Chytrý systém pro řízení energie energetických sítí (2019–2023)

- Identifikátor projektu: TK02030039
- Řešitel: prof. Ing. Stanislav Mišák, Ph.D. (Centrum ENET VŠB-TUO)
- Poskytovatel: TAČR
- Cílem projektu je vývoj nového systémového řešení pro řízení toku energie v energetické platformě komplexního systému Sophisticated Energy System (SEN) na úrovni distribučních sítí pro napájení energetických platform obcí, měst či mikroregionů. SEN budou podporovat sofistikované metody řízení a perspektivní technologie za účelem zvýšení jeho bezpečnosti, spolehlivosti, surovinové nezávislosti, energetické soběstačnosti při maximálním zapojení decentrálních, zejména obnovitelných zdrojů energie. Cílem je v rámci pětiletého řešení projektu zajistit připravenost na změnu koncepce řízení energetických soustav po implementaci zimního balíčku (EU Winter Package) v souladu s Národním akčním plánem pro chytré sítě a aktualizovanou Státní energetickou koncepcí.

Centrum energetických a environmentálních technologií (CEET) (2020–2022)

- Identifikátor projektu: TK03020027
- Řešitel: prof. Ing. Stanislav Mišák, Ph.D. (Centrum ENET VŠB-TUO)
- Poskytovatel: TAČR
- Hlavním cílem projektu byl vývoj modulárního, mobilního, robustního a škálovatelného technologického řešení pro efektivní přeměnu alternativních paliv, odpadů a vedlejších produktů jako alternativních surovin na využitelné chemické látky a užitečné formy energie, jejich uložení a efektivního užití s podporou nejmodernějších metod, BIM a technologií digitálního dvojčete v souladu s principy cirkulární ekonomiky. Projekt vycházel z výzkumné základny Národního centra pro energetiku, stávající výzkumné kapacity integroval do strategické dlouhodobé koncepce CEET a naplnil požadavky Státní energetické koncepce ČR a NAP. Bez unikátního sloučení a kombinace tří logicky provázaných výzkumných programů by nikdy nedosáhl požadované synergie a rychlé tržní uplatnitelnosti.

Škálovatelný řídicí systém pro aktuátory (2021–2022)

- Identifikátor projektu: CZ.01. 1. 02/0.0/0.0/20_321/0024308
- Řešitel: prof. Ing. Stanislav Mišák, Ph.D.
- Poskytovatel: MPO ČR
- Projekt byl zaměřený na výzkum a vývoj nové generace modulárních řídicích jednotek pro pokročilé letecké elektromechanické aktuátory, které naleznou využití v nastupující generaci leteckých architektur označovaných například jako More Electric Aircraft (MEA) nebo pokročilejší Full Electric Aircraft (FEA) a které mají přispět k vyšší ekologičnosti letecké dopravy výrazně vyšším využitím elektrické energie, s čímž je spojena celá řada změn, včetně přechodu na výrazně vyšší napětí palubní sítě.

Mezinárodní projekty

Projekty v oblasti superpočítačových služeb

Projekty 8. rámcového programu pro výzkum a inovace Evropské unie – Horizont 2020

PRACE-6IP – Partnership for Advanced Computing in Europe, 6. implementační fáze (2019–2022)

- Identifikátor projektu: 823767 (H2020 INFRAEDI-2018-2020)
- Řešitel: doc. Mgr. Vít Vondrák, Ph.D.
- Cílem projektu bylo navázat na úspěšné předešlé fáze projektu PRACE, jejichž úkolem bylo implementovat evropskou superpočítačovou infrastrukturu a pokračovat v rozvíjení spolupráce na poli vysoce výkonného počítání pro posílení konkurenceschopnosti evropské vědy, výzkumu a průmyslu. Již v pořadí šestý projekt na podporu celoevropské výzkumné infrastruktury PRACE a jejich uživatelů se na rozdíl od předchozích zaměřil na identifikaci a rozvoj nových aplikací s významným potenciálem využití kapacity exascalových superpočítačů. → www.prace-ri.eu

DICE – Data Infrastructure Capacity for EOSC (2021–2023)

- Identifikátor projektu: 101017207 (H2020-INFRAEOSC-2018-2020, RIA)
- Řešitel: Ing. Filip Staněk
- Konsorcium projektu propojuje síť výpočetních a datových center, výzkumných infrastruktur a datových úložišť s cílem vytvořit evropskou infrastrukturu pro EOSC v oblasti správy dat a jejich ukládání, která bude výzkumné komunitě poskytovat standardní služby a základní moduly pro ukládání, vyhledávání, přístup a zpracování dat konzistentním a trvalým způsobem. → www.dice-eosc.eu

Projekty v oblasti výzkumu a vývoje

Projekty 8. rámcového programu pro výzkum a inovace Evropské unie – Horizont 2020

EUROCC – National Competence Centres in the Framework of EuroHPC (2020–2022)

- Identifikátor projektu: 951732 (H2020-JTI-EuroHPC-2019-2)
- Řešitel: Ing. Tomáš Karásek, Ph.D.
- Projekt propojil odborné znalosti k vytvoření evropské sítě národních center kompetence pro oblast HPC ve 31 evropských státech k zajištění portfolia služeb pro potřeby průmyslu, akademické obce i veřejné správy. Jeho cílem bylo posílení odborných znalostí a dovedností v oblasti vysoce výkonného počítání, datových analýz a umělé inteligence a překlenutí stávajících rozdílů ve využití těchto technologií v jednotlivých státech. → www.eurocc-project.eu

POP2 – Performance Optimisation and Productivity 2 (2018–2022)

- Identifikátor projektu: 824080 (H2020-INFRAEDI-2018-1)
- Řešitel: Ing. Lubomír Říha, Ph.D.
- Centrum excelence POP2 navázalo na projekt Performance Optimisation and Productivity 1 (POP1) a dále rozšířilo jeho aktivity. Hlavní náplní POP2 byla asistence s analýzou paralelních aplikací, identifikace problémových částí kódů a doporučení optimalizačních technik vedoucích k vyššímu výkonu a lepší škálovatelnosti dané aplikace. → www.pop-coe.eu

LIGATE – Ligand Generator and portable drug discovery platform AT Exascale (2021–2023)

- Identifikátor projektu: 956137 (H2020-JTI-EuroHPC-2019-1, EuroHPC-IA)
- Řešitel: Ing. Jan Martinovič, Ph.D.
- Snahou projektu je integrace a společný návrh prvotřídních evropských aplikací s otevřeným zdrojovým kódem společně s patentovanými IP s cílem udržet celosvětové vedoucí postavení Evropy v oblasti řešení CADD (Computer-Aided Drug Design) neboli počítačový návrh léčiv) využívajících dnešní špičkové superpočítače a budoucí exascalové zdroje, a tím i podporovat evropskou konkurenceschopnost v této oblasti. Plně integrované řešení navrhované v rámci projektu LIGATE umožní co nejrychleji a s nejvyšší přesností dosáhnout reálného výsledku procesu návrhu léku a dále provádět automatické ladění parametrů řešení tak, aby odpovídala časovým a zdrojovým omezením. → www.ligateproject.eu

EVEREST – dEsign enVironmEnt foR Extreme-Scale big data analytics on heterogeneous platforms (2020–2024)

- Identifikátor projektu: 957269 (H2020-ICT-2018-20 / H2020-ICT-2020-1)
- Řešitelka: Ing. Kateřina Slaninová, Ph.D.
- Projekt vyvíjí celostní přístup navrhování výpočtů a komunikace ve špičkovém a především bezpečném systému pro vysoce výkonné datové analýzy. Tohoto cíle bude dosaženo zjednodušením programovatelnosti různorodě rozšířených architektur pomocí přístupu řízeného daty, využitím hardwarově zrychlené umělé inteligence a díky efektivnímu monitorování spouštění úloh dle unifikovaného konceptu spojujícího hardwarový a softwarový návrh. Projekt ověří svůj přístup prostřednictvím třech případových studií, a to u predikčního modelu založeného na analýze počasí, v aplikaci pro monitorování kvality ovzduší a ve frameworku pro modelování dopravy u smart cities. → www.everest-h2020.eu

ACROSS – HPC big data artificial intelligence cross stack platform towardS exaScale (2021–2024)

- Identifikátor projektu: 955648 (H2020-JTI-EuroHPC-2019-1, EuroHPC-IA)
- Řešitel: Ing. Jan Martinovič, Ph.D.
- Projekt navrhuje a rozvíjí konvergenční platformu na bázi HPC, big data (BD) a umělé inteligence (AI), která bude podporovat aplikace v oblastech letectví, klimatu a počasí a energetiky. Za tímto účelem bude projekt nejenom těžit z další generace pre-exascalových infrastruktur a účinných mechanismů pro snadné popsání a řízení komplexních workflows ve zmíněných vědeckých oblastech, ale bude dále připravena pro využití na exascalových systémech. V rámci projektu se kombinují tradiční HPC metody s analytickými AI (konkrétně machine learning/deep learning) a BD metodami za účelem zlepšení výsledků dosažených při testování aplikací. → www.acrossproject.eu

s-NEBULA – Novel Spin-Based Building Blocks for Advanced TeraHertz Applications (2020–2024)

- Identifikátor projektu: 863155 (H2020-FETOPEN-2018-2020, RIA)
- Řešitel: doc. Dr. Mgr. Kamil Postava
- Projekt je zaměřen na výzkum a vývoj revolučního přístupu k technologiím terahertzového (THz) záření na bázi spinu jak pro generování, tak pro detekci THz záření. Záměrem projektu je vyvinout platformu pro nové THz technologie využívající spinových vlastností elektronu při pokojové teplotě, které budou založené na inovativním spojení magnetismu a optiky. Projekt poskytne špičková řešení složitých vědeckých problémů v oblasti technologií využívajících THz záření motivovaných jednoznačnými potřebami v uvážlivě zvolených cílových aplikacích.
- www.s-nebula.eu

SCALABLE – SCALable Lattice Boltzmann Leaps to Exascale (2021–2023)

- Identifikátor projektu: 956000 (H2020-JTI-EuroHPC-2019-1, EuroHPC-IA)
- Řešitel: doc. Ing. Lubomír Říha, Ph.D.
- Projekt spojuje významné průmyslové a akademické partnery za účelem zvýšení výkonu, škálovatelnosti a energetické účinnosti průmyslového softwaru pro výpočty dynamiky tekutin (Computational Fluid Dynamics, CFD) na bázi metody Lattice-Boltzmann (LBM), která dnes představuje spolehlivou alternativu ke konvenčním CFD přístupům. Obecně je LBM vhodná pro využití pokročilých superpočítačových architektur, jelikož umožňuje masivní paralelizaci. Projekt má přímý dopad na evropský průmysl a zároveň přispívá k základnímu výzkumu.
- www.scalable-hpc.eu

IO-SEA – IO Software for Exascale Architecture (2021–2024)

- Identifikátor projektu: 955811 (H2020-JTI-EuroHPC-2019-1, EuroHPC-RIA)
- Řešitel: Ing. Jan Martinovič, Ph.D.
- Cílem projektu je poskytnout novou platformu pro správu a ukládání dat pro potřeby exascalových výpočtů založenou na hierarchické správě úložiště a poskytování služeb ukládání dat na vyžádání. Platforma bude efektivně využívat vrstvy úložiště sahající od NVMe a NVRAM až po páskové technologie. V projektu budou vyvinuty pokročilé instrumentační a monitorovací funkce IO, které využijí nejnovějších poznatků v oblasti umělé inteligence a strojového učení k systematické analýze telemetrických záznamů za účelem chytrého rozhodování týkajícího se umístění dat. → www.iosea-project.eu

OPENQKD – Open European Quantum Key Distribution Testbed (2019–2023)

- Identifikátor projektu: 857156 (H2020-SU-ICT-2018-2020)
- Řešitel: prof. Ing. Miroslav Vozňák, Ph.D.
- Cílem projektu je vytvoření testbedu vysoce zabezpečené sítě využívající pro distribuci klíčů principy kvantové mechaniky. Jedná se o dosud nejrozsáhlejší nasazení QKD (Quantum Key Distribution) v Evropě. Role IT4Innovations je především ve třech oblastech. První je realizace případu užití HPC přes QKD mezi IT4Innovations a PSNC (Poznaň). Druhou oblastí je participace na vývoji a implementaci správy klíčů. Třetí doménou jsou simulace realizovaných případů nasazení QKD u všech partnerů v projektu a zároveň vylepšení QKD simulátoru, který je v Ostravě vyvíjen jako open-source. Při simulacích jsou využívány výpočetní zdroje IT4Innovations. → www.openqkd.eu

EUPEX – European Pilot for Exascale (2022–2025)

- Identifikátor projektu: 101033975 (H2020-JTI-EuroHPC-2020-01,RIA)
- Řešitel: doc. Ing. Lubomír Říha, Ph.D.
- Konsorcium projektu si klade za cíl navrhnout, vybudovat a ověřit první platformu EU pro HPC, která pokrývá celé spektrum požadovaných technologií s evropskými aktivy: od architektury, procesoru, systémového softwaru, vývojových nástrojů až po aplikace. Prototyp EUPEX bude navržen tak, aby byl otevřený, škálovatelný a flexibilní, včetně modulární platformy vyhovující OpenSequana a odpovídajícího softwarového ekosystému HPC pro modulární superpočítačovou architekturu. Z vědeckého hlediska je EUPEX prostředkem k přípravě komunit pro zpracování HPC, AI a Big Data na nadcházející evropské systémy a technologie Exascale.
- www.eupeX.eu

Projekty 9. rámcového programu EU pro výzkum a inovace – Horizont Evropa

BioDT – Biodiversity Digital Twin for Advanced Modelling, Simulation and Prediction Capabilities (2022–2025)

- Identifikátor projektu: 101057437 (HORIZON-INFRA-2021-TECH-01,RIA)
- Řešitel: Ing. Tomáš Martinovič, Ph.D.
- Cílem projektu je posunout současné hranice prediktivního chápání dynamiky biodiverzity vývojem digitálního dvojčete, které poskytuje pokročilé možnosti modelování, simulace a predikce. Díky novému využití stávajících technologií a dat dostupných v příslušných výzkumných infrastrukturách bude projekt schopen přesněji modelovat interakci mezi druhy a jejich prostředím. Vědci z Research Infrastructures budou moci využít BioDT k 1) lepšímu pozorování změn v biodiverzitě, 2) spojování těchto změn s možnými příčinami a 3) lepší předpovědi účinků změn na základě vlivů na tyto příčiny buď klimatem nebo lidským zásahem. Konsorcium sdružuje dynamický tým odborníků na biodiverzitu, vysoce výkonné počítače, umělou inteligenci. → www.biodyt.eu

OpenWebSearch.EU – Piloting a Cooperative Open Web Search Infrastructure to Support Europe's Digital Sovereignty (2022–2025)

- Identifikátor projektu: 101070014 (HORIZON-CL4-2021-HUMAN-01, RIA)
- Řešitel: Ing. Jan Martinovič, Ph.D.
- V projektu si 14 zástupců renomovaných evropských výzkumných a superpočítačových center a z firemního sektoru dalo za cíl vytvořit otevřenou evropskou infrastrukturu pro webové vyhledávání. Tento projekt přispěje k digitální suverenitě Evropy a zároveň podpoří otevřený trh s aplikacemi využívajícími webové vyhledávání. Během tří let výzkumníci vybudují jádro evropského otevřeného webového indexu jako základ pro nové internetové vyhledávání v Evropě. Kromě toho projekt položí základy otevřené a rozšiřitelné evropské infrastruktury pro otevřené vyhledávání a analýzu webu, založené na evropských hodnotách, zásadách, právních předpisech a standardech. → www.openwebsearch.eu

SCtrain – Supercomputing knowledge partnership (2020–2023)

Projekty v oblasti vzdělávání

Erasmus+ projekty

- Identifikátor projektu: 20-203-075975 (KA203-6E6A1FFC)
- Řešitel: prof. Ing. Tomáš Kozubek, Ph.D.
- Posláním projektu je metodický přístup k doplnění mezer v současných vysokých školních kurzech a zvýšení povědomí o HPC pro budoucí odborníky v oblasti vědy, techniky, inženýrství a matematiky. → sctrain.eu

Projekty 8. rámcového programu pro výzkum a inovace Evropské unie – Horizont 2020

EUMaster4HPC – European Master for High Performance Computing (2022–2025)

- Identifikátor projektu: 101051997 (H2020-JTI-EuroHPC-2020-03, CSA)
- Řešitel: prof. Ing. Tomáš Kozubek, Ph.D.
- Konsorcium se skládá z univerzit, výzkumných a superpočítačových center, průmyslových partnerů a dalších spolupracujících institucí pod vedením Lucemburské univerzity. Cílem konsorcia je zahájit magisterské studijní programy na osmi evropských univerzitách: Lucemburská univerzita, Universitat Politècnica de Catalunya, Politecnico di Milano, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Sorbonne Université, Sofia University St. Kliment Ohridski, Università della Svizzera Italiana a Kungliga Tekniska Hogskolan. Předpokládá se, že seznam zúčastněných univerzit a institucí bude v budoucnu rozšířen. Tato aktivita je součástí širší strategie společného podniku EuroHPC na podporu rozvoje klíčových dovedností a vzdělávání a školení v HPC pro potřeby evropské vědy a průmyslu. → eumaster4hpc.uni.lu



↔ Karolina

V pořadí již pátý superpočítač IT4Innovations byl zprovozněn v létě 2021, a to v rámci celoevropského společného podniku EuroHPC, který financuje pořízení superpočítačů i v dalších evropských zemích. Karolina je aktuálně nejvýkonnějším superpočítačem v České republice a jedním z pěti EuroHPC petascale superpočítačů.

Seznam zkratek

AI	Umělá inteligence (Artificial Intelligence)
ACROSS	HPC big data artificial intelligence cross stack platform toward exascale
BD	Big data, velká data
BDVA/DAIRO	Big Data Value Association/Data, AI and Robotics
CEET	Centrum energetických a environmentálních technologií
CloudiFacturing	Cloudification of Production Engineering for Predictive Digital Manufacturing
CT	Počítačová tomografie (Computed Tomography)
DICE	Data Infrastructure Capacity for EOSC
DIH	Digitální inovační hub
DOI	Unikátní mezinárodní identifikátor digitálního objektu v elektronickém prostředí (Digital Object Identifier)
EOSC	European Open Science Cloud
ESA	Evropská kosmická agentura, European Space Agency
ETP4HPC	European Technology Platform for High-Performance Computing
EUDAT CDI	EUDAT Collaborative Data Infrastructure
EUMaster4HPC	Magisterský studijní program zaměřený na oblast vysoce výkonného počítání (European Master For High Performance Computing)
EUROCC	National Competence Centres in the framework of EuroHPC
EuroHPC JU	Společný evropský podnik EuroHPC
EVEREST	design environment for Extreme-Scale big data analytics on heterogeneous platforms
ExaQUTE	Exascale Quantifications of Uncertainties for Technology and Science Simulation
EXPERTISE	Experiments and High-Performance Computing for Turbine Mechanical Integrity and Structural Dynamics in Europe
FP7	7. rámcový program pro výzkum a technologický rozvoj (Seventh Framework Programme)
FTE	Ekvivalent plné pracovní doby (full-time equivalent)
GAČR	Grantová agentura České republiky
GPU	Jednotka grafického zpracování (Graphics Processing Unit)
H2020	Horizon 2020
HPC	Vysoce výkonné počítání (High-Performance Computing)
HPDA	Vysoce výkonná analýza dat (High Performance Data Analytics)
HW	Hardware
ICT	Informační a komunikační technologie
IF	Impakt faktor, ukazatel, který reflektuje kvalitu vědeckých publikací
IO-SEA	IO Software for Exascale Architecture
IoT	Internet věcí (Internet of Things)
IZS	Integrovaný záchranný systém
LEXIS	Large-scale Execution for Industry & Society
LIGATE	Ligand Generator and portable drug discovery platform AT Exascale
LUMI	Large Unified Modern Infrastructure
MPI	Message Passing Interface, programovací model
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky
MSK	Moravskoslezský kraj
MŠMT	Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy České republiky
MV ČR	Ministerstvo vnitra České republiky
NCE	Národní centrum pro energetiku
OPENQKD	Open European Quantum Key Distribution Testbed
POP2	Performance Optimisation and Productivity 2

PRACE	Partnership for Advanced Computing in Europe
PRACE-6IP	Partnership for Advanced Computing in Europe, 6. implementační fáze
PTC	PRACE Training Center
QKD	Výměna kvantových klíčů (Quantum Key Distribution)
SCALABLE	SCALable LAttice Boltzmann Leaps to Exascale
SCtrain	Supercomputing knowledge partnership
SMEs	Malé a střední podniky (Small and medium-sized enterprises)
s-NEBULA	Novel Spin-Based Building Blocks for Advanced TeraHertz Applications
SŠ	Střední škola
SW	Software
TAČR	Technologická agentura České republiky
TETRAMAX	Technology Transfer via Multinational Application Experiments
THz záření	Terahertzové záření
VaV	Věda a výzkum
VaVal	Výzkum, vývoj a inovace
VGS	Veřejná grantová soutěž
VR	Virtuální realita
VŠB-TUO	Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava



**VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA**

**IT4INNOVATIONS
NÁRODNÍ SUPERPOČÍTAČOVÉ
CENTRUM**

www.it4i.cz

© IT4Innovations národní superpočítačové centrum Ostrava 2023

Poštovní adresa

VŠB – Technická univerzita Ostrava
17. listopadu 2172/15
708 00 Ostrava

E-mail info@it4i.cz

Tel. +420 597 329 500

Adresa

IT4Innovations národní superpočítačové centrum
Studentská 6231/1b
708 00 Ostrava

Tato publikace byla podpořena Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy z účelové podpory projektu Velké výzkumné infrastruktury „e-INFRA CZ - LM2023054“.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY