

Ministerstvo investícií, regionálneho rozvoja a informatizácie
Štúdia uskutočniteľnosti
September 2022

Ministerstvo investícií, regionálneho rozvoja a informatizácie

Štúdia uskutočniteľnosti

v súvislosti s vybudovaním superpočítača novej generácie

Document review and approval

Revision history

Version	Author	Date	Revision
1.0	KPMG	30.9.2022	Final draft
1.1	KPMG	10.10.2022	Zpracované pripomienky MIRRI
1.2	KPMG	28.11.2022	Zohľadnené pracovné diskusie s ÚHP a i.
1.3	KPMG	11.1.2023	Zohľadnené pripomienky z verejnej diskusie
2.0	KPMG	16.1.2022	Finálna verzia odovzdaná MIRRI

This document has been reviewed by

	Reviewer	Date reviewed
1	Juraj Kubica, MIRRI	5.10.2022
2	Michal Číž, MIRRI	5.10.2022
3	Lukáš Demovič, CSČ SAV	5.10.2022
4	Lucia Demovičová, NSCC	5.10.2022
5	Tomáš Kerúl, MIRRI	23.11.2022

This document has been approved by

September 2022

Štúdia uskutočniteľnosti HPC final

Name	Signature	Date reviewed
1		
2		
3		
4		

Ministerstvo investícií, regionálneho rozvoja a informatizácie

Štúdia uskutočniteľnosti

September 2022

Glossary

AI – Umelá inteligencia

BDVA – Hodnotová Asociácia pre veľké dátové sety

BSC – Barcelonské superpočítačové centrum

CAPEX – Kapitálové náklady

CEF – Nástroj na prepájanie Európy

CNIC – Cassovia klaster nového priemyslu

CoE – Centrum excelentnosti

CoEC – Centrum excelentnosti v spaľovaní (spaľovacie motory)

CPU – Centrálna procesová jednotka

CRZ – Centrálny register zmlúv

CSC – IT CENTER FOR SCIENCE LTD.

CSČ SAV – Centrum spoločných činností Slovenskej akadémie vied

Čl. – Článok

DC – Dátové centrum

DECI – Distribuovaná európska počítačová iniciatíva

DICE – Kapacita dátovej infraštruktúry pre EOSC

DPH – Daň z pridanej hodnoty

E-CAM – Európskeho centrum excelentnosti

EFRR – Európsky fond regionálneho rozvoja

EFTA – Európske združenie voľného obchodu

EoCoE – Energeticky orientované centrum excelentnosti

EPI – Európska procesová organizácia

ERDF – Európsky fond regionálneho rozvoja

ES – Európske spoločenstvo

ESiWACE – Európske centrum excelentnosti pre simuláciu počasia a klímy

ETP4HPC – Európska technologická platforma pre vysokovýkonné počítanie

ETS – Algoritmus exponenciálneho vyrovnávania

EÚ – Európska únia

ExaNoDe – Európsky dizajn exascale procesorov a pamäťových uzlov

EXCELLERAT – Centrum excelentnosti pre inžinierske aplikácie

FDS – Požiarna dynamika a simulácie

FEI TUKE – Fakulta elektrotechniky a informatiky Technickej univerzity Košice

FCHPT STU – Fakulta chemickej a potravinárskej technológie Slovenskej technickej univerzity

FLOPS – Počet operácií pohyblivej radovej čiarky za sekundu

FMFI UK – Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského

FPV UMB – Fakulta prírodných vied Univerzity Mateja Bela

FTE – Ekvivalent plného pracovného úväzku

GPU – Grafická procesová jednotka

H. – Hlava

HBP – Projekt ľudského mozgu

HDP – Hrubý domáci produkt

HPC – Vysokovýkonné výpočty

HPDA – Vysoko výkonné dátové analýzy

HPE – Hewlett Packard Enterprise

HW – Hardware

Ministerstvo investícií, regionálneho rozvoja a informatizácie

Štúdia uskutočniteľnosti

September 2022

I4DI – Inovácie pre digitálnu infraštruktúru	Ods. – Odstavec
I4MS – Inovácie IKT pre výrobné MSP	OPEX – Operačné náklady
ICEI – Interaktívna výpočtová elektronická infraštruktúra	OVM – Orgán verejnej moci
IČO – Identifikačné číslo organizácie	PB – Petabit
IKT – Informačné komunikačné technológie	POO – Plán obnovy a odolnosti
INEA – Agentúra pre inovácie a siete	PRACE – Partnerstvo pre pokročilú výpočtovú techniku v Európe
IoT – Internet vecí	PUE – Efektívnosť využitia energie
IP – Inovatívne partnerstvo	R&D – Výskum a vývoj
ISCRA – Talianske pridelovanie superpočítačových zdrojov	RFI – Žiadosť o informácie
ISV – Nezávislí vývojári softvérových riešení	RNCA – Portugalská pokročilá výpočtová sieť
ISVs – Nezávislí vývojári softvérových riešení	ROI – Návratnosť investície
IT – Informačné technológie	SAV – Slovenská akadémia vied
IZUM – Ústav informačnej vedy	SE – Solid earth
JED – Jednotný európsky dokument	SHAPE – Program adopcie HPC pre MSP v Európe
LIGO – Observatórium laserových interferometrických gravitačných vln	SHMÚ – Slovenský hydrometeorologický úrad
LOCA – Laboratórium pre otvorené počítačové architektúry	SIVVP – Iniciatíva znovu naštartovanie vedeckého vysoko výkonného počítania na Slovensku
MACC – Pokročilé výpočtové centrum Minho	SLA – Dohoda o úrovni poskytovaných služieb
MH SR – Ministerstvo hospodárstva Slovenskej republiky	SP – Súťažné podklady
MSP – Malé a stredné podniky	SR – Slovenská republika
MŠVVaŠ SR – Ministerstvo školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky	STU – Slovenská technická univerzita
MIRRI - Ministerstvo investícií, regionálneho rozvoja a informatizácie Slovenskej republiky	SW – Softvér
NCC – Národné kompetenčné centrum pre vysokovýkonné výpočty	ŠR – Štátny rozpočet
NIKA – Národná implementačná a koordinačná autorita	t.j. – to jest
NSCC – Národné super počítačové centrum	TB – Terabajt
	TCO – Celkové náklady na vlastníctvo
	TRL – Úroveň technologickej pripravenosti

Ministerstvo investícií, regionálneho rozvoja a informatizácie

Štúdia uskutočniteľnosti

September 2022

ÚEF SAV – Ústav experimentálnej fyziky
Slovenskej akadémie vied

UK – Univerzita Komenského

UMB – Univerzita Mateja Bela

UPJŠ – Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v
Košiciach

USD – Americký dolár

ÚVO – Úrad pre verejné obstarávanie

Basic – Základná konfigurácia HPC

Best in class – Najlepšie dostupné riešenie vo
svojej triede

Big data – Veľké dátové sety

Business intelligence – Informačné technológie,
aplikácie a metódy na zber, normalizáciu,
analýzu, prezentáciu a interpretáciu obchodných
dátCentrum excelentnosti – Organizácia alebo
miesto, ktoré poskytuje vedenie, osvedčené
postupy, výskum, podporu alebo školenie pre
oblasť zamerania.CINECA – Neziskové konzorcium, ktoré
prevádzkuje super počítač Leonardo

Cloud – Servery, ktoré sú prístupné cez sieť.

Cloud computing – Umožnenie zariadeniam
prístupovať k údajom a cloudovým aplikáciám
cez internet vo vzdialených fyzických serveroch,
databáz a počítačochCorehodina – jednotka ktoré predstavuje
výpočtovú aktivitu na jednom jadre procesora
(jedna corehodina predstavuje využívanie
jedného jadra procesoru po dobu jednej hodiny)Crowd-sensing – Technika pri ktorej veľká
skupina ľudí využíva mobilné zariadenia s
cieľom získavania spoľahlivých dátEdge computing – Distribuovaná architektúra
informačných technológií, ktorá spracúva dáta,
čo najbližšie k ich zdroju.

v.v.i. – Verejná výskumná inštitúcia

VaV – Výskum a vývoj

VO – Verejné obstarávanie

VPN – Virtuálna privátna sieť

VS SAV – Výpočtové stredisko Slovenskej
akadémie vied

VŠB – Vysoká škola banská

Z. z. – Zbierka zákonov

Ethernet – Systém pripájania počítačových
zariadení do siete.EuroCC – Projekt, ktorý je tvorený sieťou 33
národných kompetenčných centier pre HPC v
Európe.EuroHPC – Európska organizácia pre vysoko
výkonnú výpočtovú technikuEuroHPC JU – Spoločný Európsky podnik
organizácie pre vysoko výkonnú výpočtovú
technikuExascale – Výpočtová technika s rýchlosťou
trilión (10^{18}) operácií za sekundu

Extended – Rozšírená konfigurácia HPC

Facility management – Zabezpečuje fungovanie,
bezpečnosť a udržateľnosť infraštruktúryFET HPC – Súbor 19 projektov v oblasti HPC
technológií, ktoré boli v roku 2014 financované
Európskou komisiuFF4EuroHPC – Európska iniciatíva, ktorá má za
cieľ pomáhať malým a stredným podnikom
uľahčiť prístup k superpočítačom a všetkými
technológiami súvisiacimi s HPC.Housing – Umiestnenia dátového centra do
prenajatých priestorovICARE – Francúzske centrum dátovej
infraštruktúry pre výskum atmosféryInfiniband – Systém pripájania počítačových
zariadení do siete s veľmi vysokou
prieputnosťou a krátkou odozvou

Ministerstvo investícií, regionálneho rozvoja a informatizácie

Štúdia uskutočniteľnosti

September 2022

Kvantový počítač – Zariadenie vykonávajúce výpočty, na ktoré využíva kvantovomechanické fenomény

L2 S5P – Inteligentný skríningový prístup L2 údajov S5P na detekciu a charakterizáciu oblakov znečisťujúcich látok

Machine Learning – Strojové učenie

Morálna životnosť – Doba počas ktorej zariadenia stále spoľahlivo funguje

NIKA - Národná implementačná a koordinačná autorita ÚV SR

One stop shop – získanie všetkých služieb na jednom mieste

peer-to-peer komisia – Komisia v rámci ktorej rozhodujú seberovní aktéri.

PetaSC – PetaSC Bulgaria je právne konzorcium spájajúce znalosti organizácií v oblasti HPC

Petascale – Výpočtová technika s rýchlosťou biliardu (10^{15}) operácií za sekundu

Petlaflop - biliarda (10^{15}) operácií pohyblivej radovej čiarky za sekundu

PFLOPS – Biliardu operácií pohyblivej radovej čiarky za sekundu (10^{15})

PHIDAS – Prototyp HPC/dátovej infraštruktúry pre služby na vyžiadanie

Pre-exascale – Výpočtová technika s rýchlosťou väčšou ako (10^{17}) operácií za sekundu a zároveň menšou ako (10^{18})

Rack – Obalová aj nosná kovová krabica používaná k uloženiu počítaču a príslušenstva

RIKEN – Najväčšia komplexná výskumná inštitúcia v Japonsku, ktorá je známa vysokokvalitným výskumom v rozmanitej škále vedných disciplín

Rmax – Maximálny dosiahnutý výkon

Scopus – Multidisciplinárna bibliografická databáza

Short list – Zoznam kandidátov, z ktorých bude urobený finálny výber

Smart industry – Priemysel 4.0

SPASCIA – Organizácia pre algoritmičku vesmírnej vedy

TFLOPS – Bilión operácií pohyblivej radovej čiarky za sekundu (10^{12})

ÚV SR - Úrad vlády Slovenskej republiky

Výpočtový uzol – Výpočtové zariadenie zapojené do siete

Zettabajt – Zettabajt je veľkosť úložnej kapacity (10^{21} bajtov)

Ministerstvo investícií, regionálneho rozvoja a informatizácie
Štúdia uskutočniteľnosti
September 2022

Obsah

1	Úvod	1
2	Manažérske zhrnutie	3
3	Analýza dôvodov vybudovania superpočítača v kontexte EÚ	7
3.1	Význam superpočítačov z hľadiska EÚ	7
3.1.1	Prínos superpočítačov vo svete	7
3.1.2	HPC v kontexte Európskej únie	11
3.2	Potenciál významu HPC ako exportného artikla pre EÚ	16
3.2.1	Štruktúra ekosystému HPC v Európskej únii	16
3.2.2	Ekosystém HPC v Európskej únii	19
3.2.3	Aktuálny stav HPC v podunajskom regióne	22
3.3	Potenciál možnosti umiestnenia HPC na Slovensku	24
3.3.1	História HPC na Slovensku	24
3.3.2	Aktuálna situácia HPC na Slovensku	25
3.3.3	Spolupráca so spoločným podnikom EuroHPC JU	27
3.3.4	Zhodnotenie potenciálu EuroHPC na Slovensku	28
3.4	Prehľad obdobných HPC v EÚ z hľadiska parametrov	30
3.4.1	Architektúra vybraného petascale počítača v prevádzke – Karolína (ČR)	32
3.4.2	Porovnanie EÚ so svetom	33
3.5	Analýza technických parametrov	34
3.5.1	Energetická efektívnosť	34
3.5.2	Výpočtový výkon	35
3.6	Prieskum požiadaviek na výkon/kapacity HPC	36
3.6.1	Určenie minimálnej požadovanej kapacity na základe výsledkov prieskumu	37
4	Analýza prostredia a priestor v rámci SR a EÚ	38
4.1	Princíp fungovania podobných infraštruktúr v rámci EÚ	38
4.1.1	Finančná pomoc EÚ pre vybudovanie dátových centier	38
4.1.2	Prevádzkovatelia superpočítačov	39
4.1.3	Sprostredkovatelia služieb HPC	40
4.1.4	Vývojári aplikácií HPC (centrá excelentnosti)	41
4.1.5	Prehľad prevádzkovania a služieb zariadení HPC	44
4.1.6	Fungujúce ekosystémy HPC v iných krajinách	49
4.1.7	Verejné zdroje financovania európskych projektov	52
4.1.8	Financovanie komerčných projektov	52
4.2	Business model infraštruktúr financovaných z verejných zdrojov	52
4.3	Súčasný stav využívania HPC na Slovensku	55
4.4	Implikácie pre Slovensko	56

Ministerstvo investícií, regionálneho rozvoja a informatizácie

Štúdia uskutočniteľnosti

September 2022

4.5	Možné príjmy z využívania NSCC	61
5	Analýza a kvantifikácia výhod pre SR a z nich vyplývajúci dopad na štátny rozpočet	62
5.1	Počet vytvorených pracovných miest	62
5.2	Ekonomické prínosy investícií do HPC pre klientov centra HPC	63
5.3	Zvýšenie exportu	64
5.4	Zvýšenie HDP	65
5.5	Nekvantifikovateľné prínosy	65
5.5.1	Zvýšenie počtu vedeckých peer-review publikácií	65
5.5.2	Zvýšenie atraktívnosti pre príliv talentov	66
5.5.3	Vytvorenie nových študijných možností a univerzitných programov	66
5.5.4	Zvýšenie koncentrácie hospodárskych subjektov s vyššou pridanou hodnotou	67
5.5.5	Zvýšenie atraktívnosti digitálnej a dátovej infraštruktúry a tým aj prílev investícií	67
6	Analýza alternatív k výstavbe superpočítača a ich porovnanie	68
6.1	Alternatívy vybudovania centra HPC na Slovensku	68
6.1.1	Uvažované konfigurácie HPC infraštruktúry	69
6.1.2	Uvažované možnosti pre dátové centrum	72
6.1.3	Prístup k výberu vhodného scenára pre vybudovanie HPC	74
6.2	Analýza nákladov a prínosov jednotlivých alternatív	84
6.2.1	Analýza nákladov	84
6.2.2	Analýza výnosov a prínosov	88
6.2.3	Očakávané prevádzkové náklady	93
6.2.4	Očakávané výnosy	94
6.2.5	Porovnanie nákladov a prínosov	96
6.2.6	Porovnanie nákladov s Variantom 0	99
6.3	Návrh optimálneho riešenia	100
6.3.1	Prijímateľ finančných prostriedkov a realizátor projektu	100
6.3.2	Fázovanie realizácie, konfigurácie a umiestnenie infraštruktúry HPC	104
6.3.3	HPC ekosystém	108
6.3.4	Rozloženie v čase	108
6.4	Prehľad rizík	109
7	Analýza prevádzkových podmienok superpočítača	114
7.1	Návrh prevádzkového modelu a potrebného personálneho zabezpečenia	114
7.1.1	Prevádzkový personál v existujúcich európskych projektoch	114
7.1.2	Návrh personálneho zabezpečenia centra HPC	115

Ministerstvo investícií, regionálneho rozvoja a informatizácie

Štúdia uskutočniteľnosti

September 2022

7.2	Budovanie a rozvoj ekosystému	116
7.2.1	Navrhovaný model budovania ekosystému HPC na Slovensku	116
7.2.2	Úlohy a kompetencie jednotlivých častí ekosystému	118
7.3	Model udržateľného financovania prevádzky	121
7.3.1	Financovanie z verejných zdrojov a štátneho rozpočtu	121
7.3.2	Ostatné zdroje EÚ	121
8	Právna analýza	124
8.1	Analýza právnej situácie a návrh optimálneho postupu obstarania investície	124
8.1.1	Verejná súťaž	124
8.1.2	Rokovacie konanie so zverejnením	126
8.1.3	Súťažný dialóg	129
8.1.4	Inovatívne partnerstvo	131
8.1.5	Porovnanie pozitív a negatív vyššie rozobratých postupov	134
8.2	Zdôvodnenie postupu obstarania investície	138
8.2.1	Alternatívne postupy mimo zákona o verejnom obstarávaní	139
8.3	Postup realizácie investície prostredníctvom NSCC	140
8.3.1	Právny rámec	140
8.3.2	Východiskové informácie	142
8.3.3	Poskytovanie prostriedkov mechanizmu	143
8.3.4	Štátna pomoc	149
9	Prílohy	160
9.1	Prieskum požiadaviek na výkon/kapacity HPC	160
9.1.1	Prieskum – marec 2022	160
9.1.2	Výsledky prieskumu – marec 2022	173
9.1.3	Opakovaný prieskum – október 2022	174
9.1.4	Výsledky prieskumu – november 2022	175
9.2	Cenníkové ceny poskytovateľov služieb HPC	191
9.3	Harmonogram prestavby dátového centra	192
9.4	Hodnotiace kritériá alternatív realizácie DC	193
9.5	Identifikácia rizík pri vybudovaní DC a návrh mitigácie	194
9.5.1	Hodnotenie	194
9.6	Finančný model	208

1 Úvod

Táto štúdia uskutočniteľnosti vznikla na základe zadania Ministerstva investícií, regionálneho rozvoja a informatizácie Slovenskej republiky (ďalej aj ako MIRRI SR, MIRRI alebo zadávateľ). Popisuje možnosti vybudovania HPC infraštruktúry novej generácie na Slovensku so zameraním na predpokladané náklady a prínosy projektu a možné scenáre jeho realizácie, ktoré bolo možné odvodiť na základe aktuálne dostupných informácií alebo expertných odhadov.

Pandemická situácia v rokoch 2020 a 2021 mala významný dopad na vývoj ekonomiky na celom svete. Jej dopad sa prejavil aj na Slovensku v náraste nezamestnanosti a v spomalení rastu HDP. Jedným z významných nástrojov pre podporu rastu ekonomiky je aj plán pre podporu obnovy a odolnosti EÚ, vytvorený na základe nariadenia Európskeho parlamentu a Rady z dňa 12. februára 2021, ktorým sa zriaďuje Mechanizmus na podporu obnovy a odolnosti 2021/241. Plán obnovy a odolnosti Slovenskej republiky reflektuje jeho ciele z hľadiska zabezpečenia dlhodobého rastu ekonomiky a je spoločnou reakciou krajín EÚ na silný pokles ekonomiky v dôsledku pandémie. Je postavený na globálnej vízii Slovenska ako inovatívnej ekonomiky, ktorá je motorom udržateľného ekonomického rastu a zárukou úspešného zvládnutia zelenej a digitálnej transformácie Slovenska ako moderného štátu, ktorý poskytuje občanom kvalitné verejné služby a napokon Slovenska ako zdravej krajiny, ktorá vytvára predpoklady na plnohodnotné využívanie ľudského a prírodného kapitálu. Slovensko zároveň odpovedá na dlhodobú výzvu ako zabrániť hospodárskej stagnácii. Kombinácia investícií a reforiem umožní krajine začať opäť dobiehať životnú úroveň priemeru EÚ.

Prioritami Plánu obnovy, ktorý Slovensku prinesie dodatočné verejné investície za 6,575 miliardy €, sú vzdelávanie, veda a výskum, zelená ekonomika, zdravotníctvo, verejná správa a digitalizácia. Práve tieto oblasti potrebujú reformy a investície, ktoré od nás dlhodobo požaduje aj Európska komisia. Plán obnovy je v súčasnosti motorom pre rozbeh technológií, ktoré nemali prioritu v SR v predchádzajúcom období a medzi nimi aj efektívnejšie vysokovýkonných výpočtov (High Performance Computing, ďalej HPC).

Tento dokument, vypracovaný v súvislosti s vybudovaním HPC infraštruktúry novej generácie analyzuje význam HPC ako technológie, ktorá podporuje cieľ zvyšovania konkurencieschopnosti a inovačného potenciálu Slovenska. Ďalšími úlohami štúdie je analyzovať východiská, prostredie a ďalšie témy súvisiace s možnosťami vybudovania HPC infraštruktúry novej generácie s cieľom nielen poskytovať služby výpočtovej kapacity v rámci Slovenskej republiky, ale aj vytvorenia vhodných podmienok pre začlenenie vybudovanej infraštruktúry do siete Spoločného európskeho podniku pre HPC. Jej súčasťou je popisovanie prínosov pre zvýšenie výkonnosti slovenských vysokých škôl, prilákanie a udržanie talentov, zlepšenie podnikateľského prostredia, posilnenie vedy, výskumu a inovácií. Štúdia berie pri špecifikácii scenárov realizácie projektu HPC do úvahy aj možnosti minimalizácie uhlíkovej stopy. V rámci prípravy štúdie boli vykonané trhové konzultácie a prieskum, v rámci ktorého boli získané a vyhodnotené informatívne ponuky niekoľkých dodávateľov pri vybudovaní HPC

infraštruktúry aj jej fyzického umiestnenia. Štúdia zahŕňa aj právnu analýzu situácie a navrhuje možné spôsoby obstarania.

Pri vypracovaní štúdie sme sa opierali o verejne dostupné zdroje informácií (uvedené na príslušných miestach), vstupy špecialistov MIRRI a CSČ SAV (uvedené v texte nižšie) a už spomínané trhové konzultácie a prieskumy u dodávateľov, takisto uvedených na príslušných miestach štúdie a jej príloh.

V priebehu prípravy tejto štúdie došlo v dôsledku vojnového konfliktu na Ukrajine k extrémnemu nárastu cien na trhoch s energiou a súvisiaceho celkového rastu neistoty ekonomických (a iných) predpovedí. V tejto súvislosti predpokladáme ešte výraznejší tlak na zabezpečenie dlhodobej udržateľnosti prevádzky HPC infraštruktúry. Prudko sa meniace ceny komodít neumožňujú dostatočne dobre predvídať budúci vývoj či už nákladov alebo dopytu po službách HPC a tak je potrebné pristupovať aj k hodnoteniu predpokladanej nákladovej a výnosovej štruktúry vytvorenej a opísanej v rámci tejto štúdie.

2 Manažérske zhrnutie

Hlavným cieľom vybudovania infraštruktúry HPC na Slovensku je podpora vedeckých a výskumných projektov a vybudovanie ekosystému HPC, v snahe priniesť pozitívne ekonomicko-spoločenské dopady. Predmetom štúdie bolo zistiť možnosti a obmedzenia realizácie tohto projektu, identifikovať jeho riziká, navrhnúť možnosti realizácie a definovať potenciálne kvantifikovateľné a nekvantifikovateľné prínosy.

Scenáre realizácie

V rámci štúdie bol realizovaný **prieskum predpokladaného budúceho dopytu** po službách HPC, v rámci ktorého bola oslovená podmnožina súčasných akademických používateľov týchto služieb. Priebeh a výsledky prieskumu sú popísané v kapitole 3.6 *Prieskum požiadaviek na výkon/kapacity HPC* a v prílohe 9.1 *Prieskum požiadaviek na výkon/kapacity HPC*. Následne boli stanovené štyri možné **konfigurácie infraštruktúry**, pričom minimálna z nich bola navrhnutá s kapacitou nevyhnutnou na pokrytie predpokladaných požiadaviek vyplývajúcich z prieskumu dopytu (tzv. Basic). Jednotlivé konfigurácie IKT sú popísané v kapitole 6.1.1 *Uvažované konfigurácie HPC infraštruktúry*. Za účelom definovania a overenia finančného a časového rámca, ako aj nárokov na infraštruktúru z hľadiska housingu boli realizované dva prieskumy na dodávateľov HPC systémov a súvisiacej infraštruktúry. Z nich okrem iného vyplynulo, že na Slovensku v súčasnosti nie sú dostupné priestory, v ktorých by bolo možné umiestniť čo aj len základnú konfiguráciu Basic. To viedlo k definovaniu **scenárov realizácie dátového centra** (popísané v kapitole 6.1.2 *Uvažované možnosti pre dátové centrum*). Skúmané scenáre zahŕňali vybudovanie resp. rekonštrukciu vlastných priestorov, kúpu dátového centra vybudovaného na základe definovaných požiadaviek alebo komerčný prenájom služieb housingu. Výhody a nevýhody jednotlivých scenárov realizácie DC a súvisiace riziká vyžadovali vytvorenie samostatnej **metodiky pre výber najvhodnejšieho scenára, parametrizovateľnej** podľa priorít realizátora projektu. Metodika ich hodnotenia je popísaná v kapitole 6.1.3 *Prístup k výberu vhodného scenára pre vybudovanie HPC*.

Náklady na realizáciu projektu

Kombináciou štyroch scenárov konfigurácie IKT a troch scenárov realizácie DC vzniklo 12 základných scenárov realizácie projektu. K nim pribudol na porovnanie aj scenár Outsourcingu, teda tzv. Variant 0, ktorý predstavuje možnosť pokrytia požiadaviek na služby HPC bez vybudovania centra HPC na Slovensku. Porovnanie nákladov jednotlivých variantov ukazuje, že Variant 0 je najmenej výhodný / najnákladnejší. V nasledujúcej tabuľke je uvedený prehľad celkových nákladov za 10 rokov na každý zo scenárov.

Tabuľka 1: Celkové náklady na jednotlivé scenáre za 10 rokov

Názov scenára	Celkové náklady
Variant 0 - outsourcing HPC	418 977 381,28 €
Prenájom Basic	220 797 416,65 €
Prenájom Basic Experimentálny	165 040 271,89 €
Prenájom Extended	370 550 991,61 €
Prenájom Extended Experimentálny	391 013 027,60 €
Rekonštrukcia Basic	210 931 002,81 €
Rekonštrukcia Basic Experimentálny	155 173 858,05 €
Rekonštrukcia Extended	366 770 692,17 €
Rekonštrukcia Extended Experimentálny	380 992 728,16 €
Kúpa Basic	220 267 002,81 €
Kúpa Basic Experimentálny	164 509 858,05 €
Kúpa Extended	382 262 692,17 €
Kúpa Extended Experimentálny	396 484 728,16 €

Predpokladané náklady všetkých trinástich scenárov sú podrobne popísané v kapitole 6.2.1 *Analýza nákladov* a v prílohe 9.6 *Finančný model*¹.

Očakávané výnosy a prínosy projektu

Pri kvantifikácii výnosov boli zohľadnené verejne dostupné informácie o prevádzke verejne financovaných centier HPC v Európskej únii. Väčšina dostupnej kapacity centra HPC by mala byť bezplatne poskytovaná vedeckým a výskumným skupinám na základe peer review hodnotenia predkladaných projektov, rovnako ako v iných krajinách EÚ. Časť kapacity (maximálne 20 %) je však možné poskytovať komerčne a zamerať sa pritom na podporu malého a stredného podnikania alebo verejnej správy. V súčasnosti však na Slovensku absentuje funkčný ekosystém HPC (expertíza, kapacity na podporu používania HPC, customizované aplikačné vybavenie atď.), ktorý by vytváral dopyt po službách HPC, ktorý je nevyhnutnou podmienkou nielen dosahovania výnosov centra HPC, ale aj generovania následných ekonomických a spoločenských prínosov. Nevyhnutným predpokladom pre dosiahnutie úspešnosti projektu je teda aj vybudovanie a rozvoj ekosystému. Návrh realizácie týchto aktivít je popísaný v kapitole 7.2 *Budovanie a rozvoj ekosystému*.

Na základe získaných informácií o predaji služieb HPC v ostatných krajinách EÚ boli vytvorené tri scenáre výnosov a prínosov projektu: konzervatívny scenár, ktorý predpokladá minimálne investície do ekosystému HPC, scenár s podporou ekosystému a nakoniec optimistický (maximalistický, ale nie reálne očakávaný) scenár, ktorý stanovuje maximálnu teoreticky možnú hranicu výnosov za dodržania podmienok štátnej pomoci (20 % komerčného využitia). V nasledujúcej tabuľke sú uvedené predpokladané výnosy centra HPC (podľa dostupnej kapacity konfigurácie IKT), pričom na výpočet bol použitý konzervatívny scenár, teda scenár s najnižšou predpokladanou mierou výnosov (bez zohľadnenia príp. saturácie trhu). Z uvedeného vyplýva, že

¹ Náklady na realizáciu sú uvedené v súčasných cenách (druhý a tretí kvartál 2022)

projekt nie je finančne návratný v žiadnom zo scenárov, čo potvrdzujú aj skúsenosti z iných krajín EÚ.

Tabuľka 2: Predpokladané výnosy za 10 rokov (konzervatívny scenár)

Konfigurácia IKT	Celkové výnosy
Basic	7 312 875,72 €
Basic Experimentálny	4 769 948,08 €
Extended	16 031 255,21 €
Extended Experimentálny	16 602 034,53 €

Zároveň bolo v rámci štúdie identifikovaných viacero kvantifikovateľných a nekvantifikovateľných prínosov vybudovania centra HPC na Slovensku. Tie sú prehľadne popísané v kapitole 5 *Analýza a kvantifikácia výhod pre SR a z nich vyplývajúci dopad na štátny rozpočet*. Pri finančnom vyčíslení prínosov boli použité empirické údaje zo štúdie spoločnosti Hyperion Research „Economic Models Linking HPC and ROI²“, ktorá skúma, ako môžu investície do HPC zlepšiť ekonomický úspech a zvýšiť počet a prínosy vedeckých inovácií. V nasledujúcej tabuľke sú uvedené predpokladané ekonomické prínosy projektu pre klientov centra HPC, pričom aj tu bol na výpočet použitý konzervatívny scenár. Z pohľadu prínosov teda možno konštatovať, že **projekt je ekonomicky (spoločensky) návratný** (pre zohľadnenie príp. saturácie trhu pozri nižšie uvedené odkazy).

Tabuľka 3: Predpokladané prínosy za 10 rokov (konzervatívny scenár)

Konfigurácia IKT	Celkové výnosy
Basic	194 264 178,10 €
Basic Experimentálny	127 970 164,20 €
Extended	412 057 734,85 €
Extended Experimentálny	423 547 134,08 €

Podrobné finančné vyjadrenie výnosov a prínosov je podrobne uvedené v kapitole 6.2.4 *Očakávané výnosy* a v prílohe 9.6 *Finančný model*.

Návrh riešenia a riziká realizácie projektu

V kapitole 6 *Analýza alternatív k výstavbe superpočítača a ich porovnanie* a súvisiacich kapitolách je navrhnuté riešenie realizácie projektu, ktoré predpokladá MIRRI ako vykonávateľa projektu a realizátora vybraných aktivít (najmä v súvislosti s financovaním a VO) a NSCC ako splnomocnenú organizáciu najmä pre realizáciu expertných činností, prevádzky, rozvoja a podpory ekosystému. Súčasťou návrhu je aj fázovanie s menšou HPC konfiguráciou na začiatku a dobudovaním plnej konfigurácie v druhej fáze po prichystaní lokality na konečné umiestnenie systému. O parametroch konfigurácií a lokalite musí rozhodnúť MIRRI na základe aktuálnych priorít.

² <https://www.hpcuserforum.com/ROI/>

Popri uvedených aktivitách zdôrazňujeme kritickú dôležitosť čo najrýchlejšieho vybudovania ekosystému HPC. Za jeho ťažisko považujeme NSCC a spolupracujúce organizácie, so štruktúrou a rozdelením kompetencií podľa návrhu v kapitole 7 *Analýza prevádzkových podmienok superpočítača*, kde sa nachádza i analýza modelu financovania projektu a následnej prevádzky, pre ktorú je kľúčovým záväzok štátu nielen priebežne financovať ale i pravidelne inovovať vybudovanú infraštruktúru, aby sa predišlo negatívnym skúsenostiam z predošlého projektu HPC na Slovensku (pozri aj kapitolu 4 *Analýza prostredia a priestor v rámci SR a EÚ*).

V rámci prípravy štúdie bolo identifikovaných viacero všeobecných rizík vyplývajúcich z aktuálnej situácie na trhu a legislatívnych obmedzení, ako aj špecifické riziká súvisiace s konkrétnym scenárom realizácie. Za rozhodujúce riziká považujeme časové riziko (oneskorenie projektu), nedostatočnú podporu ekosystému a vo svetle nedávnych turbulencií i riziko udržateľnosti prevádzky. Zoznam rizík, spôsob ich hodnotenia a návrhy ich mitigácie sú popísané v kapitole 6.4 *Prehľad rizík*. Na základe týchto informácií vznikol aj návrh optimálneho riešenia (kapitola 6.3 *Návrh optimálneho riešenia*), ktorý sa zameriava na minimalizáciu rizík, ale neobmedzuje objednávateľa štúdie vo výbere ním preferovaného scenára realizácie.

3 Analýza dôvodov vybudovania superpočítača v kontexte EÚ

3.1 Význam superpočítačov z hľadiska EÚ

Vysokovýkonná výpočtová technika (HPC) je v súčasnosti považovaná za kľúčovú technológiu, ktorá podporuje základný a aplikovaný výskum v mnohých vedeckých disciplínach a priemyselných odvetviach. Vysokovýkonné počítače (HPC infraštruktúry) sú kritickým nástrojom pre pochopenie zložitých výziev a ich premenu na príležitosť vytvárať inovácie. Umožňujú objavovanie a vytváranie prínosov v zdravotníctve, priemysle a dokonca aj pri predpovedaní počasia. Jednoducho povedané, podieľajú sa na skvalitnení nášho života takmer vo všetkých oblastiach.

3.1.1 Prínos superpočítačov vo svete

V dnešnej dobe preberajú vysokovýkonné výpočty kľúčovú rolu v mnohých odvetviach a s rozširovaním povedomia o HPC a s vývojom nových softvérov a aplikácií pre HPC sa rozsah ich prínosov neustále rozširuje. Pomáhajú hľadať nové možnosti liečby v medicíne, predpovedať nepriaznivé poveternostné podmienky a klimatické zmeny, navrhovať nové produkty a materiály, prispievajú k novým vedeckým objavom. V tejto kapitole uvádzame niekoľko skutočných príkladov z prínosov HPC vo svete.

V medicíne sa vysokovýkonné výpočty využívajú pri objavovaní nových liekov, pri vývoji nových liečebných terapií, ako aj pri ich presnejšom celení liečby na špecifické skupiny pacientov. Sú dôležité pri pochopení vzniku a vývoja epidémií a chorôb. V ostatných rokoch boli vďaka HPC zaznamenané nové možnosti liečby pacientov s rakovinou, kardiovaskulárnymi chorobami, Alzheimerom a zriedkavými genetickými poruchami. Boli aj nevyhnutnou súčasťou pri hľadaní liečby ochorenia COVID-19. Jedným z príkladov, ako HPC pomohli zvýšiť kvalitu života, je aj dôležitý pokrok, ktorý urobilo Centrum pre liečbu rakoviny Mary Bird Perkins Cancer Center v Baton Rouge, Los Angeles³, pričom ušetrili viac ako 12 miliónov dolárov použitím vysokovýkonných výpočtov. Ich výskum má potenciál znížiť výskyt sekundárnej rakoviny spôsobenej ožarovaním u detí, ktoré dostávajú radiačnú terapiu. Výskumníci odhadujú, že tento úspech urýchlil výskum radiačnej toxicity o viac ako desať rokov.

HPC má zásadný význam pre predvídanie nepriaznivých poveternostných podmienok. Vysoká výpočtová kapacita umožňuje tvorbu presných simulácií, ktoré predpovedajú vývoj poveternostných vzorcov, veľkosť a dráhy búrok, záplavy. Prinášajú tak informácie, ktoré sú kľúčom k aktivácii systémov skorého varovania, vďaka čomu zachraňujú ľudské životy a znižujú škody spôsobené na súkromnom majetku a verejnej infraštruktúre. Výskumníci z japonského Fujitsu, Tohoku University a Tokijského inštitútu pre výskum zemetrasení (International Research Institute of Disaster Science,

³ Real-World Examples of Supercomputers Used For Economic and Societal Benefits: A Prelude to What the Exascale Era Can Provide, IDC Study

Tohoku University)⁴ vyvinuli model umelej inteligencie, ktorý dokáže predpovedať záplavy cunami v reálnom čase s vysokým priestorovým rozlíšením.

Vysokovýkonné výpočty sú tiež kľúčové pri monitorovaní účinkov zmeny klímy. Zlepšujú naše vedomosti o geofyzikálnych procesoch, monitorujú vývoj zdrojov, pomáhajú znižovať environmentálnu stopu priemyslu a podporujú udržateľné poľnohospodárstvo pomocou numerických simulácií rastu rastlín. Tím v národnom laboratóriu Oak Ridge National Laboratory (ORNL) Ministerstva energetiky USA (DOE) používa vysokovýkonné výpočty na štúdium genomiky jednotlivých organizmov a ich adaptácií na globálne klimatické vzorce. Na základe klimatických a environmentálnych premenných za posledných 50 rokov výskumníci použili superpočítač Summit na zmapovanie poľnohospodárskeho potenciálu pôdy na celom svete⁵.

V rôznych priemyselných odvetviach, ako automobilový priemysel a letecký priemysel superpočítače umožňujú inovovať, zvyšovať produktivitu, rozširovať ponuku produktov a poskytovať služby s vyššou hodnotou. HPC má neustále rastúci vplyv na priemyselné odvetvia a podniky, pretože výrazne skracuje čas potrebný na dizajn produktov a úpravy výrobného cyklu, urýchľuje návrh nových materiálov, minimalizuje náklady, zvyšuje efektívnosť zdrojov a zefektívňuje a optimalizuje rozhodovacie procesy. Dláždí cestu novým priemyselným aplikáciám. Od bezpečnejších a ekologickejších vozidiel po efektívnejšiu fotovoltaiku, udržateľné budovy a optimalizované turbíny na výrobu elektriny. Štúdie vykonané v GE Global Research Center v spolupráci s Národným laboratóriom ministerstva energetiky Spojených štátov⁶ boli zamerané na zlepšenie aerodynamickej účinnosti prúdových motorov. Vylepšenia prúdových motorov umožňuje zlepšenie účinnosti pozemných plynových turbín. Keďže celosvetová spotreba paliva dosahuje približne 200 miliárd dolárov, zníženie spotreby paliva o 1 % ušetrí až 2 miliardy dolárov ročne.

Superpočítač je jadrom digitálnej transformácie vedy. Umožňuje hlbšie vedecké porozumenie a objavy v takmer každej vedeckej oblasti. Aplikácie superpočítačov vo vede sú nespočetné, od základnej fyziky (posúvanie hraníc poznania hmoty alebo skúmanie vesmíru) po materiálové vedy (navrhovanie nových kritických komponentov pre farmaceutický alebo energetický sektor). Mnohé nedávne objavy by neboli možné bez prístupu k najpokročilejším superpočítačom. Vedci z LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory⁷) boli vďaka HPC priekopníkmi v dizajne detektora spájania čiernych dier a iných astronomických udalostí, vďaka čomu v roku 2017 získali Nobelovu cenu za fyziku.

⁴ Fujitsu Leverages World's Fastest Supercomputer 'Fugaku' and AI to Deliver Real-Time Tsunami Prediction in Joint Project, <https://www.fujitsu.com/global/about/resources/news/press-releases/2021/0216-01.html>

⁵ SCIENCE AT EXASCALE: MAPPING CLIMATE PATTERNS, <https://www.olcf.ornl.gov/2019/05/07/mapping-climate-patterns/>

⁶ Real-World Examples of Supercomputers Used For Economic and Societal Benefits: A Prelude to What the Exascale Era Can Provide, IDC Study

⁷ Detection of gravitational waves wins 2017 Nobel Prize in Physics, <https://cen.acs.org/articles/95/web/2017/10/Detection-of-gravitational-waves-wins-2017-Nobel-Prize-in-Physics.html>

V súčasnosti existuje obrovské množstvo prípadov využitia superpočítačov a niektoré z prínosov HPC patrili ešte pred niekoľkými rokmi do sveta vedeckej fantastiky. Tabuľka nižšie uvádza celosvetové prínosy naprieč viacerými odvetviami.

Tabuľka 4: Prínosy HPC v jednotlivých odvetviach

Odvetvia	Prínosy
Všeobecne	Predpovedanie prelomov v technológiách Vývoj produktov založený na simulácii Simulácie pre služby založené na crowd-sensingu Hľadanie nových poznatkov skrytých vo veľkých dátach Vysokovýkonná analýza údajov Business intelligence Systémy na podporu prediktívneho rozhodovania Umelá inteligencia Strojové učenie Hlboké učenie Optimalizácia softvéru Vykonávanie výpočtov vo veľkom meradle Vizualizácia, počítačové videnie, detekcia objektov Automatizácia vedeckého výskumu
Výroba, strojárstvo a materiály	Virtuálne testovanie prototypov Optimalizácia výrobných procesov Simulácia virtuálnych tovární a digitálnych pilotov Analýza a vizualizácia údajov produkovaných inteligentnými výrobnými systémami Prediktívna údržba infraštruktúry Simulácia procesov aditívnej výroby Optimalizácia aerodynamiky Dizajn nových leteckých materiálov Predpovedanie vlastností neobjavených materiálov Projektovanie „nemožných“ budov Simulácia dynamiky tekutín Pokročilá simulácia elektromagnetických efektov Modelovanie turbulencií pre aerodynamický priemysel
Finančné služby	Riadenie a simulácia portfólií Analýza rizík Odhaľovanie podvodov a dôverného obchodovania Automatická regulačná kontrola a súlad Dynamická alokácia daňových príjmov Predpovede krachu burzy Simulácia celej ekonomiky Predvídanie aktivity fúzií a akvizícií/nepriateľských prevzatí Simulácie a analýza rizika
Vesmír	Predpoveď vesmírneho počasia Dizajn vesmírnej stanice Výroba a dizajn s nulovou gravitáciou Analýza údajov zozbieraných satelitmi Simulácie plazmy Veda o materiáloch pre vesmírne aplikácie – vylepšené senzory a materiály
Zdravotníctvo a medicína	Mapovanie prietoku krvi

Odvetvia	Prínosy
	- Simulácie srdca na testovanie liekov alebo operácií - Dynamické predpovede život ohrozujúcich stavov - Modelovanie pandémie celej zeme - Predpovedanie citlivosti človeka na infekciu - Pohľad na vplyv vírusových mutácií - Skúmanie evolučnej cesty vírusov - Rozlúštenie skladania proteínov - Urýchlenie objavovania a testovania liekov - Vývoj predklinických modelov odozvy na liek - Prideľovanie zahraničnej pomoci a pomoci pri katastrofách - Dynamické simulácie svalových a kĺbových interakcií - Modelovanie kostných implantátov - Predpoveď dĺžky života pre jednotlivcov pri narodení - Návrh nanofiltrov na čistenie vody 3D virtuálne klony pacientov - kompletné simulácie ľudského mozgu - Sekvenovanie genómu
Klimatické zmeny a predpoveď počasia	- Modelovanie a predpovedanie znečistenia - Modelovanie sekvestrácie uhlíka - Modelovanie dopadov klimatických zmien na konkrétne druhy - Modelovanie radiačného štítu - Hyper-miestne osobné predpovede počasia - Modelovanie trajektórie a rýchlosti tornáda - Simulácie zemetrasení a cunami - Simulácie povodní - Simulácie a predpovedanie prírodných katastrof pre systémy včasného varovania - Mapovanie a simulácia prevencie lesných požiarov
Bezpečnosť a zabezpečenie	- Predpoveď nepokojov - Predpovedanie vojny - Predpovedanie hypermiestnej kriminality v reálnom čase - Hyperrealistické vojnové hry - Simulácia kybernetických útokov - Simulácia trajektórie strely - Podpora rozhodovania krízového manažmentu - Predpoveď revolúcie pomocou kanálov sociálnych médií - Simulácie šírenia požiaru
Mobilita	- Optimalizácia trasy v logistike - Optimalizácia crowdsourcingových doručovacích sietí - Virtuálne testovanie systémov bezpečnej automatizovanej jazdy - Analýza a vizualizácia údajov produkovaných automatizovanými jazdnými systémami - Funkcie prediktívnej jazdy na predchádzanie nebezpečenstvám na ceste a zvýšenie bezpečnosti cestujúcich - Simulácia a predpovedanie systémov automatického riadenia dopravy - Analýzy viacerých dátových tokov, aby ste zlepšili reakcie na ceste, bezpečnosť prepravy a pohodlie pri cestovaní - Simulácia mobility - Optimalizácia verejnej dopravy
Inteligentné mestá	- Simulácie celého mesta a analýza údajov - Dizajn inteligentných miest

Odvetvia	Prínosy
	Simulácie urbanistického plánovania Simulácia inteligentnej konštrukcie a analýza údajov Simulácie hodnotenia hluku a analýza meraní Analýza údajov pochádzajúcich zo senzorov Identifikácia ideálnych stavebných materiálov Riadenie prepravy materiálov na staveniskách
Kultúra a kreativita	Tvorba umelých hercov, spevákov, básnikov a maliarov Vykresľovanie obrázkov Analýza historických dokumentov a udalostí
Energie	Simulácie alternatívnych riešení zelenej energie Simulácie a prognózy pre efektívny návrh a využitie elektrickej siete Návrh vysokonapäťových káblov Energetické a vodné modelovanie v budovách Hydroelektrické simulácie Prognóza ťažby ropy a zemného plynu Simulácie vykurovania, vetrania a klimatizácie

3.1.2 HPC v kontexte Európskej únie

V snahe posilniť svoju konkurencieschopnosť investovali v posledných dvoch desaťročiach európske, čínske, japonské a americké iniciatívy významné finančné prostriedky do budovania svojich HPC systémov s cieľom získať čo najväčší výpočtový výkon. Rovnako postupovali aj okolité členské štáty EÚ, vrátane Českej republiky a Slovinska. Schopnosť naplno využívať digitálne infraštruktúry a spracovávať a šíriť digitálne produkty a služby už dnes odlišuje spoločnosti, ktoré majú z dnešnej dátovej ekonomiky najväčší úžitok. Medzi súčasnými gigantmi digitálneho priemyslu (Google, Apple, Facebook, Amazon, Microsoft) však žiadny z nich nie je európsky. Aj preto je jednotný digitálny trh jednou z hlavných priorít Európskej komisie. To je tiež dôvod, prečo musí Európska únia čo najskôr vybudovať najmodernejšie digitálne infraštruktúry vrátane špičkovej európskej infraštruktúry superpočítačov postavenej na supervýkonných a efektívnych strojoch schopných spracovávať veľké množstvo údajov a vykonávať výpočty mnohonásobne rýchlejšie než bežný počítač.

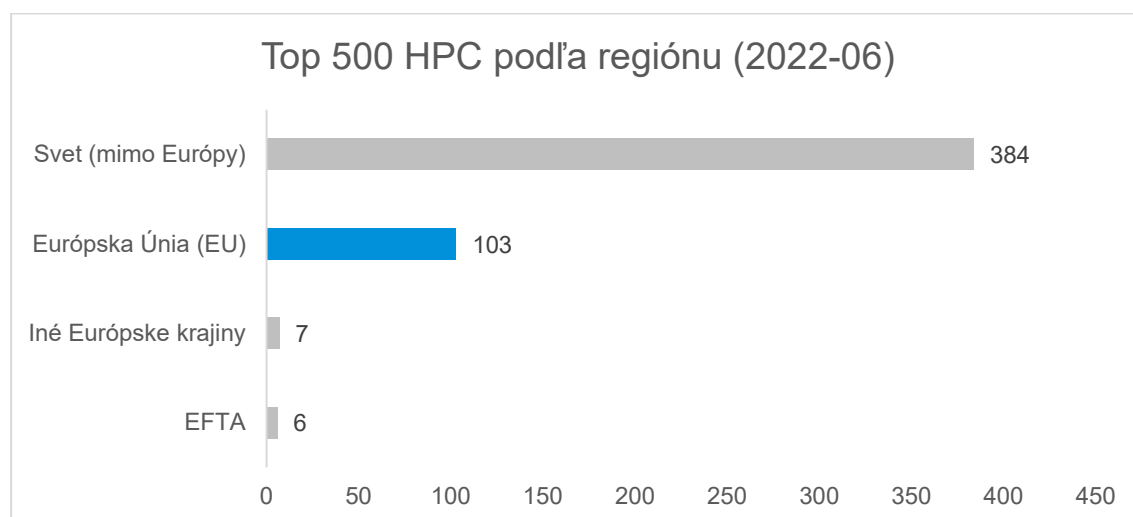
V digitálnom desaťročí je vysokovýkonná výpočtová technika jadrom pokroku a inovácií a strategickým zdrojom pre budúcnosť Európy. Množstvo generovaných údajov neustále narastá, od 33 zettabajtov globálne v roku 2018 po očakávaných 175 zettabajtov v roku 2025 (1 zettabajt sa rovná 1 biliónu gigabajtov). So zvyšujúcim sa počtom kritických aplikácií s vysokými nárokmi na dáta sa mení aj povaha výpočtovej techniky.

Dnes sú superpočítače svetovej triedy schopné vykonať viac ako 10^{15} — najmenej jednu miliardu operácií za sekundu (výkon v petascale). Niekoľko špičkových systémov prekračuje 10^{17} — najmenej sto miliárd operácií za sekundu (výkon pred exascale). Ďalšia generácia (exascale) vykoná viac ako jeden trilión (10^{18}) operácií za sekundu, čo je úroveň výpočtového výkonu porovnateľná so súhrnnými výpočtovými schopnosťami mobilných telefónov celej populácie EÚ. Toto je len niekoľko príkladov,

ktoré ukazujú rastúci potenciál superpočítačov. A ako odpoveď na exponenciálny rast údajov sa High-Performance Computing už posúva smerom k svojej ďalšej hranici – od petascale po exascale, čo je viac než desaťkrát rýchlejšie ako najrýchlejšie stroje v súčasnosti v prevádzke a viac než stokrát rýchlejšie ako najrýchlejšie stroje dostupné v EÚ.

V súčasnosti EÚ konzumuje 30 % svetovej úložnej kapacity ale len 5 % z toho je inštalovaných v rámci EÚ. Plán EÚ je zvýšiť kapacitu zo súčasných 5 % na 15 až 20 %. HPC je tak jednou z kľúčových digitálnych oblastí, kde sa investície EÚ výrazne zvýšia v nasledujúcom viacročnom finančnom rámci (2021 – 2027). Superpočítač bude nielen v tomto období zohrávať kľúčovú úlohu na ceste Európy k oživeniu ekonomiky. Preto bol označený za strategickú investičnú prioritu s cieľom dosiahnuť strategickú autonómiu EÚ v tejto oblasti. Nie všetky krajiny EÚ však majú kapacitu na vybudovanie a údržbu takejto infraštruktúry alebo na vývoj exascale technológií. Pokiaľ ide o možnosti infraštruktúry vysokovýkonných počítačov, Európa stráca svoje miesto na popredných priečkach, kde ju predbehli Čína, USA a Japonsko. Bez prvotriednych superpočítačových zariadení Európa nedosiahne svoje ambície stať sa dynamickou dátovou ekonomikou a riskuje, že údaje, ktoré budú vytvorené výskumom a priemyslom EÚ, budú spracované inde len preto, že nám chýbajú superpočítačové kapacity. Spôsobilo to našu závislosť na zariadeniach v tretích krajinách so zvýšenou pravdepodobnosťou, že európske inovácie opustia Európu.

Podľa pravidelného HPC Top500 rebríčka sa v krajinách EU momentálne nachádza približne 21 % z najvýkonnejších HPC zariadení.⁸



Obrázok 1: Prehľad umiestnenia 500 najvýkonnejších HPC zariadení sveta

⁸ TOP500 Rebríček z 6/2022, <https://www.top500.org/lists/>

3.1.2.1 Prínosy superpočítačov v Európe

Údaje o prínosoch superpočítačov prehľadne spracovala štúdia “Creating Economic Models Showing the Relationship Between Investments in HPC and the Resulting Financial ROI and Innovation⁹” spoločnosti IDC. Štúdia uvádza prínosy z vývoja inovácií s využitím HPC v jednotlivých odvetviach. Zisťuje, že v rámci Európy sa vďaka HPC podarilo dosiahnuť nasledujúce prínosy a úspory.

Tabuľka 5: Priemerné prínosy investícií do HPC v Európe podľa odvetví

Odvetvie	Priemerný výnos v USD na 1 USD investície do HPC	Priemerný zisk/úspora v USD na 1 USD investície do HPC
Finančný sektor	451,8	34,3
Poist'ovací sektor	175,7	280
Výroba	16,6	17,5
Palivá	554,2	72,9
Maloobchod	38,6	16,1
Telekomunikácie	210,7	30,4
Doprava	2 350,20	17,8
Celkový súčet	491,4	38,4

Z pohľadu rôznych spôsobov, akými sa prínosy jednotlivých inovácií prejavili, ich môžeme rozdeliť do nasledujúcich skupín.

Tabuľka 6: Primárne oblasti inovácií v Európe

Primárna oblasť prínosu inovácie	Počet inovácií	Priemerná investícia na 1 inováciu (M)	Celková investícia do HPC
Zlepšenie produktu	59	5,5	\$213 M
Úspora nákladov	7	2,3	\$12 M
Vytvorenie nového prístupu	84	1	\$162 M
Nový objav	14	0,9	\$12 M
Pomoc spoločnosti	12	3,4	\$24 M
Podpora výskumných programov	2	4,1	\$8 M
Celkový súčet	178	2,6	\$431 M

Zoznam prínosov vo forme príspevku ku vzniku inovácií v jednotlivých krajinách Európy je rozsiahly. Superpočítače boli a sú využívané v mnohých projektoch tak v komerčnom, ako aj v akademickom prostredí. Toto sú niektoré aplikácie z praxe, na ktoré môžu byť HPC využívané:

Cloudová HPC optimalizácia výrobných procesov (Slovinsko)¹⁰ - EMO je slovinská spoločnosť, ktorá sa špecializuje na výrobu nástrojov a lisovníc na lisovanie a využíva technológiu laserového nanášania kovov (LMD). LMD je aditívna výrobná technológia,

⁹ IDC, Economic Models Linking HPC and ROI, zdroj: <https://www.hpcuserforum.com/ROI/>

¹⁰ <https://i4ms.eu/experiments/cloud-based-hpc-processing-of-production-data-to-optimize-manufacturing-processes/>

ktorá umožňuje generickú 3D tlač veľkých kovových dielov. Aditívna výroba je rýchlo rastúci sektor, pretože umožňuje výrobu zložitých komponentov s krátkymi dodacími lehotami. Nedostatočná kontrola však zostáva bariérou, pretože môže viesť k zbytočnému prerábaniu, plytvaniu a predlžovaniu času 3D tlače. To znižuje zisky aj efektivitu. Tento experiment bol zameraný na prekonanie súčasných nedostatkov v online monitorovaní a kontrole laserového spracovania, aby EMO mohlo plne využiť výhody aditívnej výroby a vytvárať kvalitnejšie produkty. Tento experiment bol zameraný na prekonanie súčasných nedostatkov v online monitorovaní a kontrole laserového spracovania, aby EMO mohlo plne využiť výhody aditívnej výroby a vytvárať kvalitnejšie produkty.

Odhad sadzieb námornej dopravy založený na cloudových výpočtoch¹¹

(Španielsko) - Kaleido Ideas & Logistics je skupina spoločností špecializujúcich sa na celosvetovú logistiku a intermodálnu dopravu, ktorá ponúka charter, stewarding, špedíciu (leteckú/námornú/pozemnú), poistenie nákladu a skladovanie. Vďaka HPC bolo vyvinuté softvérové riešenie, ktoré dokáže odhadnúť náklady na prepravu konkrétnej zásielky. Jadrom tohto riešenia je neurónová sieť (NN), ktorá využíva historické údaje VGSC o trhu a ďalších externých parametroch.

Cloudová HPC simulácia aerodynamiky športových automobilov¹² (Švédsko) -

Koenigsegg je švédská spoločnosť, ktorej hlavnou činnosťou je vývoj a výroba vysokovýkonných, vysokokvalitných motorových vozidiel v limitovaných edíciách. Výzvou bolo vykonať simulácie prúdenia nad hyperautami, ktoré by boli dostatočne podrobné na presné modelovanie skutočných fyzikálnych efektov. Takéto simulácie si vyžadujú vhodný simulačný softvér a drahé počítačové zdroje, ktoré sú bežne mimo možnosti MSP. Používanie cloudových HPC však ponúka možnosť spúšťania takýchto simulácií na základe platby za použitie, čo je pre MSP finančne únosné. Vytvorenie tejto simulácie demonštrovalo uskutočniteľnosť využitia cloudových zdrojov HPC, prenos vhodného simulačného kódu na takéto zdroje a dosiahnutie nákladovo efektívnych výsledkov simulácií.

Univerzitný superpočítač podporuje boj proti COVID-19¹³ (Luxemburská univerzita)

- univerzitné zariadenie HPC od polovice marca 2020 výrazne prispelo k boju proti pandémie COVID-19. Obrovský výpočtový výkon a úložné kapacity univerzitného superpočítača boli použité na umožnenie a urýchlenie výskumu COVID-19 v oblastiach biomedicíny a biologických vied, IKT a materiálových vied. Okrem iného uľahčuje odhady biologickej dostupnosti pľúc na základe strojového učenia; modelovanie a simulačné techniky podnikateľského ekosystému na informovanie tvorcov hospodárskej politiky v Luxembursku a v zahraničí a zároveň umožňuje vypočítať budúce predpovede viditeľnosti koronavírusu na povrchoch.

Projekt ľudského mozgu (EÚ) – The Human Brain Project (HBP) je európsky vlajkový projekt pre neurovedu založený na IKT, lekársku neuroinformatiku a mozgom

¹¹ FF4EuroHPC, CLOUD-BASED ESTIMATION OF MARINE FREIGHT RATES, zdroj: [Cloud-based estimation of marine freight rates \(ff4eurohpc.eu\)](https://ff4eurohpc.eu)

¹² FF4EuroHPC, HPC-CLOUD-BASED SIMULATION OF SPORTS-CAR AERODYNAMICS, zdroj: [HPC-Cloud-based simulation of sports-car aerodynamics \(ff4eurohpc.eu\)](https://ff4eurohpc.eu)

¹³ University of Luxembourg, University's supercomputer supports fight against COVID-19, zdroj: [University's supercomputer supports fight against COVID-19](https://www.univ.lu/en/press/university-s-supercomputer-supports-fight-against-covid-19)

inšpirovanú výpočtovú techniku budúcnosti. Cieľom HBP je zaviesť špičkovú výskumnú infraštruktúru, ktorá umožní vedeckým a priemyselným výskumníkom rozšíriť znalosti v oblasti neurovedy, výpočtovej techniky a medicíny súvisiacej s mozgom. Medzi príklady prínosov tohto projektu patrí napríklad Simulácia epileptického mozgu špecifického pre pacienta s charakteristickými záchvatmi¹⁴, Simulácia celého mozgu, zobrazujúca rôzne stavy mozgu a úrovne vedomia, integrujúca mezo- a mikrokortikálne prvky¹⁵ a Simulácia manipulácie s objektom v ruke vykonávaná robotickou rukou¹⁶.

Inteligentný skrining veľkého množstva satelitných údajov¹⁷ (EÚ) - Projekt PHIDIAS je prototyp HPC/dátovej infraštruktúry on-demand. Je financovaný EÚ a Výkonnou agentúrou pre inovácie a siete (INEA) v rámci nástroja Európskej únie na prepojenie Európy (CEF). Zaoberá sa vývojom a konkrétnou realizáciou súboru interdisciplinárnych služieb a nástrojov na báze vysokovýkonných výpočtových systémov (HPC) na využívanie veľkých súborov satelitných údajov verejného európskeho záujmu, ktoré poskytujú: satelitné pozorovanie Zeme, rovnocenný prístup k spracovaným súborom údajov, služby s pridanou hodnotou prostredníctvom veľkého úložiska dát a širokopásmovej siete v celej Európe. Projekt inicioval prácu s cieľom vybrať a získať vzorku produktu S5P¹⁸ L2 a začať analýzu zodpovedajúcich obrázkov. To umožňuje prípravu potrebných vstupov alebo testovacích údajov pre vývoj algoritmu spracovania produktov L2 S5P (inteligentný skriningový prístup L2 údajov S5P na detekciu a charakterizáciu oblakov znečisťujúcich látok). Niekoľko výmen medzi SPASCIA a ICARE umožnilo zorganizovať doplnkový vzťah medzi vedeckými a IT činnosťami a vytvoril základ pre výmenu údajov a výpočtové zdroje.

3.1.2.2 Potenciál ďalších ekonomických prínosov HPC v Európe

Aj napriek doterajším zaznamenaným prínosom HPC v Európe ešte stále existujú zatiaľ nevyužitú možnosti na ich zvýšenie. Niektoré z nich sú uvedené v dokumente „Equipping Europe for world-class HPC in the next decade¹⁹“, ktorý je súčasťou návrhu Európskej komisie na revidované nariadenie o spoločnom podniku EuroHPC na obdobie rokov 2021 – 2033. Nasledujúce príklady poukazujú na ekonomický význam rozdielu, ktorý môže HPC znamenať v týchto kľúčových sektoroch.

Automobilový priemysel poskytuje v Európe pracovné miesta pre 13,8 milióna ľudí a predstavuje 7 % HDP EÚ (2018). Vďaka HPC bolo možné vynechať z vývojového

¹⁴ The Human Brain Project, Improving epilepsy surgery with the Virtual BigBrain, zdroj: <https://www.humanbrainproject.eu/en/follow-hbp/news/new-ebrains-enabled-tool-to-help-guide-surgery-in-drug-resistant-epilepsy-patients/>

¹⁵ The Human Brain Project, Brain Complexity and Consciousness, zdroj: <https://www.humanbrainproject.eu/en/follow-hbp/news/ebrains-powers-brain-simulations-to-give-insight-into-consciousness-and-its-disorders/>

¹⁶ The Human Brain Project, Dextrous manipulation - how the brain coordinates hand movements, zdroj: <https://www.humanbrainproject.eu/en/follow-hbp/news/ebrains-robot-simulation-one-step-closer-to-in-hand-object-manipulation/>

¹⁷ Project PHIDIAS - Creating access services to increase HPC and Data capacities, <https://www.phidias-hpc.eu/use-case-1-intelligent-screening-large-amount-satellite-data>

¹⁸ Sentinel 5 Precursor

¹⁹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020SC0179#page=54&zoom=100,91,95>

procesu skoré prototypy, ktoré vždy vyžadovali nákladné prispôsobenie strojov a nástrojov. Hoci niektoré fyzikálne procesy (napríklad simulácie nárazových skúšok) ešte neboli úplne nahradené, súčasné prototypy vytvorené s podporou HPC sa už blížila k sériovej výrobe. S rastúcim podielom informačných technológií v automobiloch a v snahe o sprístupnenie vozidiel bez vodiča dnes európski výrobcovia automobilov rozširujú svoje úsilie o vybudovanie výpočtovej kapacity. V skutočnosti teraz najímajú viac špecialistov na informačné technológie ako strojných inžinierov.

Počasia ovplyvňuje 33 % svetového HDP. Každý rok majú extrémne poveternostné udalosti odhadovaný vplyv v Európe na 400 miliárd EUR, pričom postihujú približne 5 % európskej populácie a spôsobujú približne 3 000 úmrtí. Štúdie predpokladajú, že ak sa neprijmú žiadne ďalšie opatrenia na riešenie klimatických zmien, kombinovaný negatívny vplyv na celosvetový ročný HDP by do roka 2060 mohol stúpnuť na 1,0 % až 3,3 %. V rokoch 1998 – 2017 boli priame hospodárske straty spôsobené katastrofami vyčíslené vo výške 2 617 miliárd EUR, pričom katastrofy súvisiace s klímou spôsobili 77 % z celkovej sumy. Ide o nárast o 68 % strát zaznamenaných v rokoch 1978 až 1997. Celkovo zaznamenané straty z extrémnych poveternostných udalostí vzrástli medzi týmito dvoma 20-ročnými obdobiami o 151 %. Využitie HPC na predpovedanie poveternostných podmienok a zmien počasia môže výrazne znížiť tieto ekonomické dopady.

Zdravotníctvo a farmaceutický sektor zamestnáva v Európe takmer 26 miliónov ľudí a predstavuje 8,2 % HDP EÚ. HPC sa používa pri navrhovaní a simulácii účinkov nových liekov a môže urýchliť diagnostiku a liečbu chorôb vrátane rakoviny.

3.2 Potenciál významu HPC ako exportného artikla pre EÚ

Vysokovýkonná výpočtová technika je technológia na všeobecné použitie. Môže zlepšiť rámcové podmienky pre inovácie drastickým zvýšením účinnosti inovácií a skrátením času vývoja produktu. HPC dokáže spracovať obrovské dáta s bezprecedentnou účinnosťou, čím drasticky zvýši inovačnú kapacitu spoločností (vrátane malých a stredných podnikov) skrátením cyklu vývoja produktov a simuláciou zložitých priemyselných hodnotových reťazcov. Vo svojej podstate však nie je regionálne obmedzená a je možné poskytovať ju alebo zdieľať bez významných geografických obmedzení. Vďaka tomu je možné vnímať ju ako exportný artikel, ktorý prispieva nielen k domácejmu produktu krajiny, ktorá ju poskytuje, ale prispieva aj k vyššiemu výkonu na riešenie veľkých problémov vo vede, inžinierstve alebo obchode vo všetkých častiach hodnotového reťazca. Potenciál HPC ako exportného artikla je však závislý na ponuke a dopyte obchodných partnerov, v prípade európskeho HPC na ekosystéme HPC v Európskej únii.

3.2.1 Štruktúra ekosystému HPC v Európskej únii

3.2.1.1 Spoločný podnik EuroHPC (EuroHPC JU)

Úlohou EÚ najmä v tomto období je dosiahnuť strategickú autonómiu v oblasti HPC a pomocou nej zvýšiť počet inovácií a dosiahnuť konkurencieschopnosť. Európske

superpočítačové infraštruktúry predstavujú strategický zdroj pre budúcnosť EÚ. Je to tiež veľký potenciálny zdroj vytvárania nových pracovných miest a podpory talentov. Mnoho malých a stredných firiem potrebuje pre svoje podnikanie modelovanie a simuláciu. Pre mnohé z nich – ak nie všetky – sú náklady na vlastníctvo a údržbu takýchto technológií neúmerne vysoké. Našťastie, v európskom priestore existuje viacero iniciatív, ktoré môžu byť veľkým prínosom pre všetky členské štáty.

Európska komisia a členské štáty sa stretli 23. marca 2017 v Ríme s „deklaráciou EuroHPC“. Sedem členských štátov (Francúzsko, Nemecko, Taliansko, Luxembursko, Holandsko, Portugalsko a Španielsko) v ten deň podpísalo vyhlásenie na podporu ďalšej generácie výpočtovej a dátovej infraštruktúry. Odvtedy deklaráciu podporilo ďalších 6 krajín (Belgicko, Slovinsko, Bulharsko, Švajčiarsko, Grécko a Chorvátsko). Spoločný podnik EuroHPC (EuroHPC JU)²⁰ je právna a finančná štruktúra, ktorá má za cieľ získať, postaviť a rozmiestniť prvotriedne superpočítače v celej Európskej únii. Okrem pôvodných 13 krajín sa k spoločnému podniku EuroHPC môže kedykoľvek pripojiť ktorýkoľvek iný členský štát, samozrejme za predpokladu jeho finančnej účasti. Prioritou je podpora vývoja systémov s výkonom exascale založených na technológii EÚ.

Úlohou EuroHPC JU je združiť európske a národné zdroje v oblasti HPC a koordináciou a financovaním zabezpečiť nasledujúce ciele:

- rozvíjať, nasadzovať, rozširovať a udržiavať poprednú svetovú superpočítačovú a dátovú infraštruktúru v Európe. Cieľom je dosiahnuť do roku 2022/2024 schopnosti exascale tým, že do roku 2025 vybuduje „hybridné“ stroje, ktoré spájajú to najlepšie z kvantových a klasických HPC technológií s prvými najmodernejšími pilotnými kvantovými počítačmi.
- podporovať rozvoj a zavádzanie inovatívnych a konkurencieschopných superpočítačových technológií a aplikácií založených na dodávateľskom reťazci, ktorý zníži závislosť Európy od zahraničných počítačových technológií. Osobitná pozornosť sa bude venovať ekologickejšiemu a energeticky účinným technológiám HPC. Podporia sa synergie so širšími technologickými sektormi a trhmi, ako sú autonómne vozidlá, extrémne veľké dáta, veľké dáta a aplikácie založené na edge computingu alebo umelej inteligencii.
- rozšíriť používanie infraštruktúr HPC na veľký počet verejných a súkromných používateľov bez ohľadu na to, kde sa v Európe nachádzajú, a podporiť rozvoj kľúčových zručností HPC, vzdelávanie a odbornú prípravu pre európsku vedu a priemysel. Jedným z cieľov je vytvoriť sieť národných HPC kompetenčných centier, aby sa uľahčil prístup k európskym HPC príležitostiam v rôznych priemyselných sektoroch a poskytovali riešenia na mieru. Ďalším ikonickým cieľom bude vytvorenie prvého celoeurópskeho programu Master of Science pre HPC na rozvoj talentov HPC v Európe.

Spoločný podnik EuroHPC sa skladá z verejných a súkromných členov. Verejnými členmi sú:

²⁰ European Commission (2018). The European High-Performance Computing Joint Undertaking – EuroHPC, <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/eurohpc-joint-undertaking>.

- Európska únia (zastúpená Komisiou),
- Členské štáty a pridružené krajiny, ktoré sa rozhodli stať sa členmi spoločného podniku: Rakúsko, Belgicko, Bulharsko, Chorvátsko, Cyprus, Česká republika, Dánsko, Estónsko, Fínsko, Francúzsko, Nemecko, Grécko, Maďarsko, Island, Írsko, Taliansko, Lotyšsko, Litva, Luxembursko, Malta, Holandsko, Severné Macedónsko, Nórsko, Poľsko, Portugalsko, Rumunsko, Slovensko, Slovinsko, Španielsko, Švédsko a Turecko.

Súkromnými členmi sú zástupcovia troch zúčastnených súkromných partnerov, Európskej technologickej platformy pre vysokovýkonné počítanie (ETP4HPC), Big Data Value Association (BDVA) a Európske konzorcium pre kvantové priemyselné odvetvie (QuIC).

3.2.1.2 PRACE

The Partnership for Advanced Computing in Europe (PRACE²¹) je medzinárodná nezisková organizácia so sídlom v Bruseli. Výskumná infraštruktúra PRACE poskytuje vysoko dostupnú HPC službu svetovej triedy pre vedcov a výskumníkov z akademického i priemyselného prostredia v Európe. Členmi PRACE môžu byť vládne organizácie alebo právnické osoba zastupujúce vládu. PRACE akceptuje iba jedného člena za každý členský štát Európskej únie alebo pridruženú krajinu (podľa článku 217 Zmluvy o Európskej únii). Ďalšou podmienkou spôsobilosti ako člena PRACE je, že právnická osoba musí byť zodpovedná za poskytovanie zdrojov HPC a súvisiacich služieb. Špeciálnou skupinou členov sú tzv. hostiteľskí členovia (Hosting Members), teda členovia, ktorí sa zaviazali financovať a poskytovať v rámci PRACE zdroje výpočtovej techniky a správy údajov. Výpočtové systémy a ich prevádzku sprístupnené prostredníctvom PRACE zabezpečuje 5 hostiteľských členských inštitúcií: BSC v Španielsku, CINECA v Taliansku, ETH Zurich/CSCS vo Švajčiarsku, GCS v Nemecku a GENCI vo Francúzsku.

PRACE kategorizuje európske zariadenia HPC do 3 úrovní (Tier):

- úroveň 0 sú európske centrá s petaflopovými zariadeniami,
- úroveň 1 sú národné centrá
- a úroveň 2 sú regionálne centrá.

Infraštruktúra PRACE HPC sa skladá zo siedmich zariadení úrovne Tier-0 a z osemnástich zariadení úrovne Tier-1 prepojených cez vyhradenú VPN PRACE. Šesť partnerov v piatich krajinách poskytuje nasledujúce systémy Tier-0.

Tabuľka 7: Umiestnenie a poskytovaný výkon zariadení Tier-0 PRACE

Krajina	Lokalita (partner)	Systém HPC	Max. výkon (TF/s)
Francúzsko	CEA (GENCI)	Joliot-Curie KNL	2 300
Francúzsko	CEA (GENCI)	Joliot-Curie Rome	12 000

²¹ <http://www.prace-ri.eu>

Francúzsko	CEA (GENCI)	Joliot-Curie SKL	6 600
Nemecko	JUELICH (FZJ)	JUWELS Booster	71 000
Nemecko	JUELICH (FZJ)	JUWELS Cluster	9 900
Nemecko	LRZ (GCS)	SuperMUC-NG	26 900
Nemecko	HLRS (GCS)	HAWK	25 200
Taliano	CINECA (CINECA)	Marconi100	20 000
Španielsko	BSC (BSC)	MareNostrum 4	11 150
Švajčiarsko	CSCS (ETH)	Piz Daint	16 000

Dvanásť partnerov v dvanástich krajinách poskytuje systémy úrovne Tier-1.

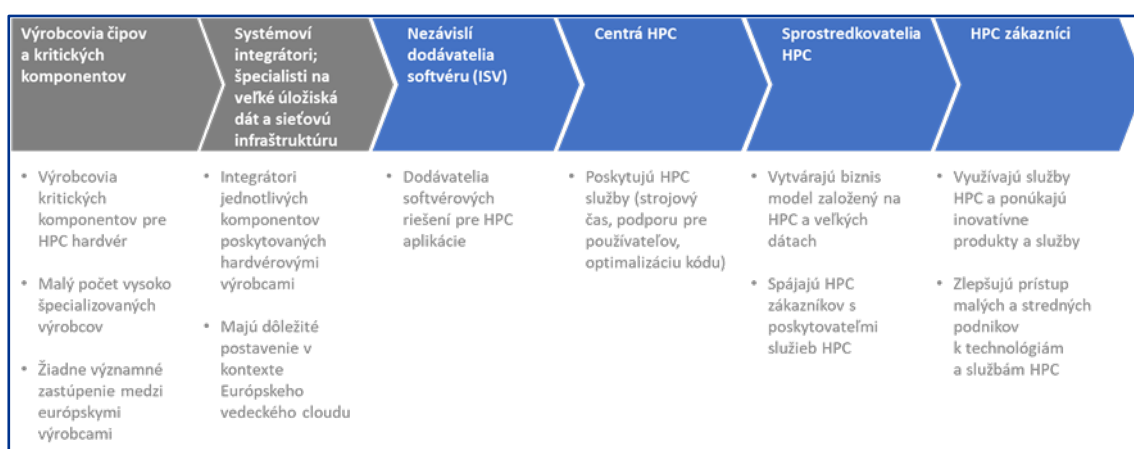
Tabuľka 8: Umiestnenie a poskytovaný výkon zariadení Tier-1 PRACE

Krajina	Lokalita (partner)	Systém HPC	Max. výkon (TF/s)
Česká republika	IT4I/VSU-TUO (VSU-TUO)	Anselm	66.0
Česká republika	IT4I/VSU-TUO (VSU-TUO)	Salomon	2000.0
Fínsko	CSC	Mahti	7060.7
Francúzsko	IDRIS (GENCI)	Turing	1258.0
Grécko	GRNET (GRNET)	ARIS	190.8
Maďarsko	KIFU (KIFU)	Leo	254.0
Maďarsko	KIFU (KIFU)	PHItagoras	27.0
Írsko	ICHEC (ICHEC)	Kay	665.0
Nórsko	UIO (Sigma2)	Abel	178.6
Poľsko	CYFRONET (PSNC)	Zeus (BigMem)	61.2
Poľsko	CYFRONET (PSNC)	Prometheus	2400.0
Poľsko	PSNC (PSNC)	Eagle	1380.0
Poľsko	WCSS (PSNC)	Bem	640.0
Slovensko	CCSAS (CCSAS)	Aurel	128.0
Španielsko	BSC (BSC)	MINOTAURO	250.9
Švédsko	PDC (SNIC)	Beskow	1973.0
Holandsko	SURFsara (SURFsara)	Cartesius	1843.0
Spojené kráľovstvo	EPCC (EPCC)	ARCHER	2550.5

3.2.2 Ekosystém HPC v Európskej únii

Ekosystém HPC v Európskej únii tvoria dodávatelia technológií a riešení pre vysokovýkonnú infraštruktúru, prevádzkovatelia dátových centier (HPC centrá), sprostredkovatelia kapacity a poskytovatelia odborných služieb v jednotlivých priemyselných odvetviach a sektoroch spoločnosti, ako aj samotní zákazníci – súkromné spoločnosti, univerzity, akademické výskumné tímy a organizácie verejnej správy a samosprávy. Vyspelosť HPC ekosystému, úroveň spolupráce medzi priemyslom, akadémiou a štátom, a tým aj vplyv na podnikanie, vedu, výskum a inovácie sú však v jednotlivých krajinách EÚ rozdielne. Podľa štúdie Európskej investičnej banky a EuroHPC JU je možné členské štáty EÚ (z pohľadu vyspelosti a prínosov HPC ekosystému) rozdeliť do 3 kategórií:

- Krajiny s vysokou adopciou HPC a HPDA technológií v priemysle, akademii a verejnej správe a s rastúcou výpočtovou kapacitou (Nemecko, Francúzsko, Veľká Británia, Švajčiarsko, Taliansko)
- Štáty s rastúcim využitím vysokovýkonného počítania v akademickom výskume, priemysle a verejnej správe a adekvátnymi výpočtovými zdrojmi (Španielsko, Fínsko, Česká republika...)
- Krajiny s limitovanými HPC kapacitami a ekosystémom obmedzeným na akademický výskum (Slovenská republika, Chorvátsko, Estónsko, Malta...)



Obrázok 2: Štruktúra HPC ekosystému v Európskej únii a jeho hlavné oblasti z pohľadu činnosti jednotlivých subjektov²²

Pri detailnejšom pohľade na aktuálny stav HPC v Európskej únii z hľadiska vyššie uvedenej štruktúry môžeme identifikovať kľúčových partnerov v hodnotovom reťazci HPC, ich úlohu a prínosy pre rozvoj HPC na úrovni Európskej únie. Analogickým spôsobom môžeme potom vyhodnotiť aj potenciál vybudovania centra HPC na Slovensku.

²² Zdroj: Európska investičná banka

Tabuľka 9: Kľúčoví partneri v hodnotovom reťazci HPC v Európskej únii²³

Kategória	Stručný popis a stav v EÚ
Výrobcovia čipov a kritických komponentov	Technologické spoločnosti zamerané na vývoj a predaj čipov a procesorov pre HPC systémy. Popri najväčších producentoch ako Intel, NVIDIA, AMD a IBM prichádzajú v súčasnosti na trh nové spoločnosti s inováciami v oblasti výkonu a energetickej efektívnosti. V rámci stratégie EÚ zameranej na zabezpečenie technologickej suverenity podporila Európska komisia v roku 2018 vznik Európskej procesorovej iniciatívy (EPI), konzorcia európskych spoločností zameraného na vývoj prvého európskeho mikroprocesora pre HPC, automobilový priemysel a IoT (Internet vecí). EPI je 5-ročná ambiciózná rozsiahla európska iniciatíva, ktorej cieľom je vyvinúť kritickú mikroprocesorovú technológiu s nízkou spotrebou energie. Konzorcium EPI združuje 23 partnerov z 10 európskych krajín. Prvá fáza sa začala v decembri 2018 v rámci programu Horizon 2020 s financovaním EÚ vo výške 80 miliónov EUR. ExaNoDe vyvinul integrovaný prototyp nasadzovania technologických stavebných blokov navrhnutých tak, aby prispeli k úsiliu EÚ o exascale computing. Využíva architektúru s nízkou spotrebou energie a pokročilé nanotechnológie na realizáciu vysokovýkonných výpočtových systémov s vysokou hustotou. Má prepojenia na ďalšie európske projekty v kontexte výskumného programu FET HPC. Exanest, EuroExa, Mango sa zameriavajú na vývoj a tvorbu prototypov riešení pre prepájacie siete, ukladanie a chladenie
Systémoví integrátori a špecialisti na dátové úložiská a sieťovú infraštruktúru	Spoločnosti zamerané na vývoj a implementáciu HPC riešení využívajúcich kritické komponenty, technológie a metódy nevyhnutné na dosiahnutie vysokého výkonu, efektívnej prevádzky a udržateľného ekonomického modelu HPC infraštruktúry. Medzi popredných európskych integrátorov patrí spoločnosť Atos s 5,7 % podielom integrácií v rebríčku Top 500 HPC
Independent Software Vendors (ISVs – nezávislí vývojári softvérových riešení)	Vyvíjajú a predávajú softvérové aplikácie pre vysokovýkonné počítanie. Významný počet európskych ISV patrí medzi globálnu špičku v oblasti HPC aplikácií vhodných na simulácie a modelovanie. Vo väčšine prípadov sa zameriavajú na úzko špecializovaný segment trhu. V súčasnosti však čelia konkurencii globálnych hráčov s menšou špecializáciou, no s väčšími zdrojmi a ambíciou rozšíriť svoj biznis aj na tradične užšie (niche) špecializované segmenty. V rámci projektu Fortissimo bolo zapojených 34 nezávislých ISV partnerov, ako napríklad Accuform (T-SIM a B-SIM - popredný svetový softvér na simuláciu tepelného tvarovania, vyfukovania a skreslenia/pred deformovania obrazu), Imatia (technológie, ktoré zjednodušujú a urýchľujú proces vytvárania, nasadzovania a prevádzkovania podnikových informačných systémov), K-EPSILON (numerické štúdie na simuláciu a predpovedanie správania zložitých systémov v morskom prostredí) a Noesis Solutions (simulácie pre automobilový priemysel).
HPC centrá	Ponúkajú kapacitu na vysoko výkonnostné počítanie na predinštalovanom hardvéri.

²³ Štúdia uskutočniteľnosti Možnosti vzniku národného superpočítačového kompetenčného centra v podmienkach SR, <https://www.mirri.gov.sk/sekcie/informatizacia/digitalne-inovacie/superpocitace/index.html>

Kategória	Stručný popis a stav v EÚ
	Kedže väčšina finančných zdrojov na výstavbu a prevádzku HPC infraštruktúry v poslednom desaťročí pochádzala z verejných zdrojov, jej významná väčšina je prevádzkovaná akademickými inštitúciami. Vzhľadom na vysoké vstupné investície predstavujú súkromné HPC centrá v Európe menšinu, príkladom je takéto centrum Arctur v Slovinsku. Popri veľkých nadnárodných spoločnostiach s vlastnou HPC infraštruktúrou (Daimler, BASF, ENI) pôsobia vo vyspelých krajinách EÚ aj súkromné spoločnosti poskytujúce služby (HPC ako služba) inovatívnym spoločnostiam podnikajúcim v oblasti strojárkej výroby, biotechnológií či softvérového vývoja. Okrem limitovaných finančných prostriedkov v EÚ čelia títo HPC prevádzkovatelia aj silnej konkurencii zo strany globálnych hráčov v oblasti cloud computing ako Amazon Web Services, Google, či Microsoft, ktorých hlavnou konkurenčnou výhodou je robustnosť ich infraštruktúry a ekosystému (zahrňujúceho napríklad trhovisko nezávislých vývojárov HPC aplikácií), čo má priamy vplyv na atraktivnosť ich ponuky a konkurencieschopnú cenotvorbu.
Sprostredkovatelia HPC	Predstavujú dôležitú rolu v HPC ekosystéme vďaka svojim expertným vedomostiam a skúsenostiam v jednotlivých odvetviach zameraných na vývoj a inovácie. Sú kľúčovým faktorom v prepájaní HPC centier (vlastníci infraštruktúry), ISVs (nezavislí producenti softvérových aplikácií) a koncových zákazníkov a vytváraní spoločných projektov. Ich skúsenosť a expertíza sú dôležité predovšetkým pre malé a stredné podniky so žiadnou alebo minimálnou predchádzajúcou skúsenosťou v oblasti HPC a HPDA. Vďaka sprostredkovateľom HPC majú noví HPC zákazníci možnosť zoznámiť sa s potenciálom HPC a HPDA pre ich podnikanie.
HPC zákazníci	Najväčšou skupinou používateľov HPC v Európe sú verejné inštitúcie pôsobiace v oblasti výskumu a vývoja. Táto skutočnosť sa odráža vo využívaní najvýkonnejších európskych HPC systémov, kde takmer 94% strojového času je alokovaných na výskumné aktivity. Komerčnými používateľmi sú zväčša veľké korporácie, ktoré HPC využívajú na znižovanie nákladov na výskum a vývoj prostredníctvom počítačových simulácií prototypov nových produktov (na rozdiel od ich fyzickej výroby a testov). Napríklad automobilový priemysel využíva HPC modelovanie na optimalizáciu dizajnu a výroby nových prototypov na dosiahnutie dôležitých parametrov akou je napríklad energetická efektívnosť. Avšak miera využívania HPC medzi malými a strednými podnikmi je v Európe veľmi limitovaná, je to hlavne kvôli nízkej informovanosti o možnostiach HPC a vstupným bariéram, medzi ktoré patria aj adekvátne nástroje financovania projektov pre MSP.

3.2.3 Aktuálny stav HPC v podunajskom regióne

Problémom EÚ je, že organizácie EÚ v tejto oblasti zaostávajú. V roku 2018 bol v Európe skutočne iba jeden z desiatich najsilnejších superpočítačov: SuperMUC-NG, superpočítač Bavorskej akadémie vied a humanitných vied, ktorý prevádzkuje univerzita v Mníchove – teda superpočítač zabudovaný v akademickom prostredí. Jednou z výhod HPC je však to, že k superpočítačom možno pristupovať na diaľku, čím sa znižuje potreba neúmerne drahých investícií²⁴. To predstavuje potenciál aj pre medziodvetvovú spoluprácu, kde sa univerzity, ktoré majú príslušné infraštruktúry a

²⁴ The Communication from the Commission of 10 May 2017 on the Mid-Term Review on the implementation of the Digital Single Market Strategy – A Connected Digital Single Market for AI, https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:a4215207-362b-11e7-08e01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF.

zručnosti HPC, zameriavajú na zvýšenie svojho spoločenského vplyvu, vytvárajúc sociálne, kultúrne, environmentálne a ekonomické výnosy z verejne financovaného výskumu. Výskum je vo všeobecnosti považovaný za prínos pre spoločnosť.

To všetko je obzvlášť dôležité aj v podunajskom regióne, ktorý zahŕňa niektoré z najrozvinutejších častí Európy (napr. Bádensko-Württembersko, Bavorsko, Rakúsko), ale aj najmenej rozvinutých (napr. Moldavsko, Ukrajina). Zatiaľ čo najvyspelejšia infraštruktúra a znalosti HPC sa nachádzajú v dobre situovaných západných častiach dunajského regiónu, podniky – najmä MSP – z jeho východných častí majú obmedzený prístup a kompetencie. V spolupráci s EuroHPC boli centrá HPC v Českej republike a Slovinsku modernizované, čím získali výkonnejšiu infraštruktúru, avšak životaschopnému a udržateľnému úsiliu o šírenie aplikácie technológie HPC v podunajskom regióne a jej využitie ako nástroja udržateľnej nadnárodnej inovačnej politiky by prospelo vytvorenie ďalších centier HPC zameraných na spoločné navrhovanie znalostne náročných inovatívnych produktov s vysokou pridanou hodnotou v nadnárodných hodnotových reťazcoch a poskytovanie kapacít aj pre okolité krajiny. Spojenie regionálnej infraštruktúry a kompetencie HPC, by poskytovalo platformu umožňujúcu prístup k HPC, integrované služby a nástroje na budovanie kapacít a súbor nástrojov na podporu jeho trvalej životnosti. S prihliadnutím na to, že prioritou EÚ je podporovať vývoj systémov HPC založených na technológiách EÚ, je dôležité, aby boli pri vytvorení centra HPC práve tieto technológie využité v maximálnej miere.

Technológie Tachyum

Jedným z najslubnejších partnerov hodnotového reťazca na Slovensku sa zdá byť spoločnosť Tachyum. Spoločnosť Tachyum s vývojovými centrami na Slovensku a v USA podľa vlastného webového sídla²⁵ vyvíja vysoko výkonný, univerzálny procesorový čip na spracovanie dát, umelú inteligenciu (AI) a superpočítače. Procesor Tachyum Prodigy má potenciál znížiť náklady za rovnakú jednotku výkonu trojnásobne, celkové náklady na obstaranie a prevádzku dátových centier štvornásobne a spotrebu elektrickej energie procesorov pre servere viac ako desaťnásobne²⁶. Riešenie spoločnosti Tachyum má ambíciu priniesť doposiaľ nepoznaný výkon a efektivitu pre široké spektrum aplikácií vrátane hyperškálových, HPC a AI/ML (Artificial Intelligence / Machine Learning), umožniť masívny rast umelej inteligencie (AI) a podporiť celosvetový ekonomický rast. Podľa štúdie spoločnosti PWC zvýši umelá inteligencia do roku 2030 globálny HDP o 14 % (čo je 15,7 biliónov USD²⁷) a Prodigy môže byť kľúčovým aktivátorom tohto rastu.

Využitie lokálnej technológie zvýši prínosy projektu z viacerých hľadísk. Prvý zjavným prínosom by bolo zväčšenie podielu európskych technológií pri vytvorení centra HPC. Ďalším prínosom využitia technológie od spoločnosti Tachyum by bolo vyššie percento účasti Slovenska v hodnotovom reťazci HPC. Úspešná realizácia projektu by navyše zviditeľnila Slovensko a slovenské technológie v EÚ a vo svete.

²⁵ <https://www.tachyum.com/sk/>

²⁶ Uvedené informácie vychádzajú z marketingových materiálov o zverejnených spoločnosťou Tachyum

²⁷ PwC Global AI Study: Exploiting the AI Revolution

3.3 Potenciál možnosti umiestnenia HPC na Slovensku

Pri posúdení potenciálu možnosti umiestnenia centra HPC na Slovensku je nevyhnutné vziať do úvahy históriu HPC na Slovensku, aktuálnu situáciu partnerov v hodnotovom reťazci HPC a prínosy financovania a spolupráce so Spoločným podnikom EuroHPC JU.

3.3.1 História HPC na Slovensku

Prvá a doposiaľ jediná iniciatíva o zriadenie a sprístupnenie superpočítačových služieb na národnej úrovni vznikla v roku 2008. Na základe výzvy MŠ SR bola vypracovaná analýza využitia superpočítačov a vysokovýkonných klastrov v oblasti vedy a výskumu v SR, ktorej výsledkom bolo vytvorenie dvoch pracovných skupín a následne dvoch návrhov národných projektov: Národné superpočítačové centrum a Národná gridová infraštruktúra. Rozhodnutím MŠ SR boli však tieto dva zámery zlúčené a v roku 2009 vznikol spoločný návrh projektu – Slovenská infraštruktúra pre vysokovýkonné počítanie (SIVVP), na základe ktorého bola v rámci Operačného programu výskum a vývoj zverejnená (uzavretá) výzva na národný projekt pod kódom OPVaV/K/RKZ/NP/2009-1, s celkovým rozpočtom 25 965 000 EUR.

Hlavným prijímateľom NFP bolo Výpočtové stredisko SAV a partnermi projektu boli Ústav informatiky SAV v Bratislave, Ústav experimentálnej fyziky SAV v Košiciach, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici a Technická univerzita v Košiciach.

V priebehu roku 2012 bola zrealizovaná inštalácia výpočtových systémov: superpočítača IBM P775 (neskôr nazvaného „Aurel“, podľa významného slovenského fyzika a technika Aurela Stodolu) pozostávajúceho z 3072 výpočtových jadier združených do 96 výpočtových uzlov spojených rýchlou dátovou sieťou, s celkovou výpočtovou kapacitou 94 TFLOPS, pamäťovou kapacitou 24 TB a s 600 TB kapacitou externého úložiska. V čase inštalácie sa Aurel dokonca objavil na 335. mieste v zozname 500 najvýkonnejších superpočítačov na svete (TOP500.org).

Na detašovanom pracovisku Výpočtového strediska SAV v Žiline bol inštalovaný klaster z výpočtových uzlov IBM 750, 755 a 780, na dátových centrách partnerských organizácii menšie klastre (s cca 600 výpočtovými jadrami na inštaláciu) s architektúrou x86 a rôznorodou konfiguráciou (dátové siete typu Infiniband alebo Ethernet, s/bez výpočtových grafických kariet atď.). V roku 2014 sa realizovala druhá fáza projektu SIVVP, v ktorej Výpočtové stredisko SAV rozšírilo kapacitu superpočítača Aurel na finálnych 128 TFLOPS a partneri taktiež rozšírili výpočtové a/alebo dátové kapacity svojich zariadení zhruba o jednu tretinu.

V septembri 2020 vzniklo na Slovensku Národné kompetenčné centrum pre vysokovýkonné výpočty (NCC) v rámci projektu EuroCC (H2020-JTI-EuroHPC-2019-2, Project 951732), ktorý je na Slovensku implementovaný Centrom spoločných činností SAV (CSČ SAV). EuroCC zastrešuje národné kompetenčné centrá v 33 krajinách Európy s cieľom systematicky zvyšovať HPC/HPDA/AI kompetencie v jednotlivých štátoch. Činnosť NCC je orientovaná najmä na poskytovanie bezplatného vzdelávania

a konzultácií v oblasti HPC odborníkmi CSČ SAV záujemcom z malých a stredných podnikov, priemyslu, štátneho sektora a akademických inštitúcií. 18. novembra 2020 vzniklo aj Národné superpočítačové centrum (NSCC), ktoré by na Slovensku malo zastrešovať všetky HPC aktivity.

V roku 2022 Centrum spoločných činností SAV obstaralo v rámci národného projektu nový superpočítač s názvom Devana. Projekt je financovaný z Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pod číslom 311071AKF20 v rámci výzvy OPII-2020/7/55-NP. Uvedenie do prevádzky v priestoroch Výpočtového strediska SAV v Bratislave sa očakáva pred koncom roka 2022²⁸.

3.3.2 Aktuálna situácia HPC na Slovensku

Nasledujúca tabuľka poskytuje detailný pohľad na kľúčových partnerov v HPC ekosystéme, ich úlohu a prínosy pre rozvoj vysokovýkonného počítania v Slovenskej republike.

²⁸ <https://eurocc.nsc.sk/slovensko-bude-mat-novy-superpocitac-este-tento-rok/>

Tabuľka 10: Kľúčoví partneri v hodnotovom reťazci HPC v Slovenskej republike²⁹

Kategória	Stav v Slovenskej republike
Výrobcovia čipov a kritických komponentov	Podobne ako v EÚ, v Slovenskej republike nesídli žiaden výrobca čipov a kritických komponentov. Potenciál pre rozvoj slovenského a európskeho ekosystému predstavuje spoločnosť Tachyum, ktorá od roku 2018 rozvíja svoje R&D centrum zamerané na vývoj nového univerzálneho vysokovýkonného a energeticky efektívneho procesora
Systémoví integrátori a špecialisti na dátové úložiská a sieťovú infraštruktúru	Žiadne zastúpenie (resp. fyzické kapacity) HPC systémových integrátorov na Slovensku
Independent Software Vendors (ISVs) – nezávislí vývojári softvérových riešení	Na Slovensku v súčasnosti nepôsobí žiadna softvérová spoločnosť zameraná na vývoj HPC aplikácií. Mnohé zo softvérových spoločností zameraných na priemysel však majú potenciál využiť svoje know-how a zručnosti na inovovanie svojich tradičných aplikácií na aplikácie založené na paralelnom počítaní. Potenciál rastu ISV komunity v oblasti HPC a HPDA predstavujú aj spoločnosti zamerané na vývoj softvéru v oblasti umelej inteligencie a spracovania veľkých dát.
HPC centrá	6 akademických pracovísk s HPC systémami združených v SIVVP (Slovenská infraštruktúra pre vysokovýkonné počítanie) 1 organizácia verejnej správy s vlastným HPC systémom (Slovenský hydrometeorologický ústav) Žiadne súkromné HPC centrum, poskytujúce služby verejne Aggregovaný výkon SIVVP (t. j. väčšina slovenského akademického HPC) predstavuje len 5% výkonu superpočítačov v ostravskom HPC centre IT4Innovation (20x menší)
Sprostredkovatelia HPC	Žiaden súkromný sprostredkovateľ HPC. Zvyšovanie informovanosti o HPC a podporu pre používateľov v akademickom sektore zabezpečuje Centrum spoločných činností SAV. Európske centrá digitálnych inovácií by mali podporovať najmä malé a stredné podniky so strednou kapitalizáciou alebo verejný sektor v oblasti digitálnej transformácie. V rámci národnej súťaže „Európske centrá digitálnych inovácií na Slovensku“ boli odporúčané konzorciá ECDI CASOVIUM, Kempelenov inštitút inteligentných technológií, Slovenské centrum digitálnych inovácií a ZINTECH. Ich primárnym účelom je poskytovať malým a stredným podnikom priestor na testovanie a experimentovanie, prístup k technológiám, pomoc pri získavaní ďalšej finančnej podpory alebo pri zvyšovaní digitálnych zručností ich zamestnancov, vďaka čomu sú dobrými kandidátmi na sprostredkovateľov HPC. Podobným potenciálnym kandidátom sa javí aj novovznikajúca iniciatíva Košický klaster novovznikajúceho priemyslu (Cassovia New Industry Cluster, CNIC). Hlavným cieľom CNIC je vytvoriť nový moderný priemysel v regióne východného Slovenska prostredníctvom úzkej spolupráce medzi univerzitami, ústavmi SAV a súkromným priemyslom.
HPC zákazníci	Rovnako ako v EÚ, aj na Slovensku tvoria väčšinu používateľov HPC akademické organizácie (Slovenská akadémia vied a slovenské univerzity). Organizácie verejnej správy sú zastúpené malým počtom vysoko špecializovaných pracovísk (ako napr. SHMÚ). Veľké súkromné spoločnosti patriace do nadnárodných štruktúr využívajú infraštruktúru svojich materských spoločností. Malé a stredné podniky využívajú služby HPC centier v susedných krajinách alebo od globálnych Cloud computing poskytovateľov.

²⁹ Štúdia uskutočniteľnosti Možnosti vzniku národného superpočítačového kompetenčného centra v podmienkach SR, <https://www.mirri.gov.sk/sekcie/informatizacia/digitalne-inovacie/superpocitace/index.html>

Z vyššie uvedených informácií je zjavné, že na Slovensku v súčasnosti sú zatiaľ v obmedzenej miere aktívne tri typy partnerov hodnotového reťazca HPC. Prvým je partner zo skupiny výrobcov čipov a kritických komponentov, spoločnosť Tachyum, ktorá vyvíja procesor s vysokým potenciálom znížiť náklady na obstaranie a prevádzku dátových centier. Druhým typom partnera, HPC centrá, sú organizácie verejného sektora ako SIVVP a SHMU. Tretí typ partnera, sprostredkovatelia HPC, by mohli byť zastúpený centrami digitálnych inovácií, ale aj kompetenčným centrom, ktorých úlohou je poskytovať celý rad služieb pre malé a stredné podniky. Najdôležitejšími v tejto oblasti sú konzorciá zamerané na podporu technológií a na pomoc malým a stredným podnikom pri prístupe k novým technológiám.

Hoci Slovensko nemá v súčasnosti aktívne všetky skupiny partnerov hodnotového reťazca, súčasná situácia poskytuje z viacerých hľadísk výrazný potenciál na vybudovanie centra HPC a jeho efektívne prevádzkovanie. Jedným z pozitívnych prínosov vybudovania centra HPC je zvýšená pravdepodobnosť zvýšenia atraktivity pre ďalšie skupiny partnerov.

Aj napriek tomu, že na Slovensku už niekoľko rokov úplne absentovali investície do superpočítačovej infraštruktúry a rozvoja ekosystému v oblasti HPC a HPDA, Slovensko má skúsenosti s prevádzkovaním a poskytovaním HPC. Tieto aktivity zastrešuje Národné kompetenčné centrum pre vysokovýkonné výpočty v rámci VS SAV a najnovšie Národné superpočítačové centrum.

Významným potenciálom pre rozvoj ekosystému HPC a HPDA spočíva taktiež zriaďovanie výskumných (R&D) centier na Slovensku, a to v oblasti polovodičov (napr. už spomenutá spoločnosť Tachyum), batérií pre automobily s elektrickým pohonom (InoBat), technológií na efektívnu ťažbu nerastných surovín (GA Drilling), v oblasti umelej inteligencie (Good AI Applied, GlobalLogic) alebo Big Data (Exponea). Spolupráca s týmito partnermi umožní zabezpečiť nielen prioritu Európskej únie smerovať k strategickej nezávislosti v oblasti HPC, ale aj prioritu dosiahnuť tento cieľ na európskych technológiách.

3.3.3 Spolupráca so spoločným podnikom EuroHPC JU

Slovensko je jedným zo zúčastnených štátov spoločného podniku EuroHPC JU. Cieľom EuroHPC JU je vybudovať špičkový výpočtový výkon v EÚ, rozvíjať technologickú suverenitu EÚ v oblasti HPC a postupne vybudovať aj „hybridné“ počítače, ktoré spájajú to najlepšie z kvantových a klasických HPC technológií s prvými najmodernejšími pilotnými kvantovými počítačmi postavenými na ekologickejších a energeticky účinných technológiách. EuroHPC podporuje víziu prevádzkovať superpočítač v každom zo zúčastnených štátov.

Najpodstatnejším prínosom EuroHPC pri vybudovaní centra HPC na Slovensku by bolo popri financovaní významnej časti nákladov a odoberaní pomernej časti výpočtovej kapacity, vďaka čomu sa výrazne zvýšia výnosy centra HPC, najmä prístup k skúsenostiam prevádzkovateľov ďalších superpočítačov v Európe. EuroHPC JU zatiaľ pomohol obstaráť dvanásť superpočítačov rozmiestnených po celej Európe:

- LUMI vo Fínsku,
- Leonardo v Taliansku,
- MeluXina v Luxembursku,
- Vega v Slovinsku,
- Karolina v Českej republike,
- Discoverer v Bulharsku,
- Deucalion v Portugalsku,
- DAEDALUS v Grécku,
- LEVENTE v Maďarsku,
- CASPIr v Írsku,
- EHPCPL v Poľsku,
- JUPITER v Nemecku.

EuroHPC má v súčasnosti v rámci prípravy na prechod na exascale otvorenú výzvu „Centrá excelentnosti pre aplikácie HPC“. Výzva bude podporovať výskumné a inovačné akcie, ktoré vyvinú a prispôbia HPC aplikácie pre exascale a post-exascale éru. Prispôbenie existujúcich aplikácií výpočtovej schopnosti exascale si vyžaduje významné zmeny a v niektorých prípadoch súčasné aplikačné kódy nemôžu byť efektívne používané na systémoch exascale alebo post-exascale bez úplného prehodnotenia alebo zásadného prepísania kódu. Výzva podporí tento prechod v spolupráci s používateľmi HPC a príslušnými zainteresovanými stranami s cieľom priniesť hmatateľné výhody európskym výskumníkom a priemyslu a riešiť súčasné vedecké, priemyselné a spoločenské výzvy.

3.3.4 Zhodnotenie potenciálu EuroHPC na Slovensku

V roku 2019 vyhlásil EuroHPC JU výzvu na vyjadrenie záujmu o vybudovanie a následné prevádzkovanie petascale počítačov (CALL FOR EXPRESSION OF INTEREST for the selection of Hosting Entities for Petascale Supercomputers³⁰). Predmetom výzvy bolo vybudovanie HPC systémov s výkonom v rozmedzí 2 až 100 petaflopov za sekundu, pričom EuroHPC JU sa zaviazalo prispieť až 35 % nákladov na vybudovanie systému. Príspevok EuroHPC JU nebolo možné použiť na pokrytie prevádzkových nákladov. Na výzvu odpovedalo 5 záujemcov, ktorých návrhy (žiadosti) boli nakoniec aj schválené. Zoznam krajín a inštalovaných superpočítačov aj s analýzou parametrov je uvedený nižšie. Podobná výzva na tri pre-exascale počítače viedla k vybudovaniu superpočítačov v Taliansku, Fínsku a Španielsku (v procese). Popisy týchto počítačov sú tiež uvedené nižšie. Súčasťou Talianskeho konzorcia sa stala aj Slovenská republika. Prístup ku kapacite týchto superpočítačov je poskytovaný záujemcom z celej EÚ prostredníctvom priebežných výziev na návrhy o získanie pravidelného prístupu (Call for Proposals for Regular Access)³¹.

³⁰ <https://eurohpc-ju.europa.eu/calls/call-expression-interest-selection-hosting-entities-petascale-supercomputers>

³¹ <https://eurohpc-ju.europa.eu/current-calls>

Na začiatku tohto roka (od 22.1.2022 s termínom predkladania návrhov do 6.4.2022) bola zverejnená ďalšia zaujímavá výzva na Centrá excelentnosti pre HPC aplikácie (Centres of Excellence for HPC applications)³². Jej cieľom je podporiť vývoj a adaptáciu HPC aplikácií pre exascale a post-exascale systémy. Podobné výzvy bude pravdepodobne možné v blízkej budúcnosti využívať aj na podporu ekosystému HPC na Slovensku. Prínosy a ekonomické dopady vybudovania a prevádzkovania centra HPC sú podrobne popísané v ďalších kapitolách tejto štúdie. Na základe úspechu doterajších projektov EuroHPC a na základe aktuálnej situácie HPC na Slovensku je však možné predpokladať, že úspešná účasť v podobnej výzve by Slovensku priniesla minimálne nasledujúce výhody:

- Vyššie investície do HPC na Slovensku - v súčasnosti na Slovensku absentujú investície do HPC. Slovensko sa nemôže pochváliť žiadnymi prevádzkovateľmi HPC v súkromnom sektore a aj minulé investície do HPC vo verejnom sektore sú už zastarané.
- Zvýšenie VaV potenciálu Slovenska - keď sa pozrieme na výdavky na výskum a vývoj, miesto Slovenska na globálnom trhu nie je ani zďaleka dobré. Podľa údajov Eurostatu boli výdavky Slovenska na výskum a vývoj ako podiel HDP v roku 2019 vo výške 0,8 %, čím sme sa umiestnili na 22. mieste v EÚ. Priemer EÚ bol 2,2 %, čo je takmer trojnásobok Slovenska, a výrazne nás predbehla aj Česká republika, ktorej výdavky na výskum a vývoj dosiahli 1,9 %. Nové technologické možnosti podpory výskumu a vývoja spolu s využitím skúseností z úspešných prípadových štúdií v Európe by mohli podnietiť zvýšenie aktivity v tomto segmente.
- Rozšírenie zastúpenia partnerov v hodnotovom reťazci HPC - ako už bolo uvedené vyššie, Slovensko nemá v súčasnosti aktívne všetky skupiny partnerov hodnotového reťazca. Jedným z pozitívnych prínosov vybudovania centra HPC je zvýšená pravdepodobnosť zvýšenia atraktivity pre ďalšie skupiny partnerov.

Otázkou však ostáva, či na Slovensku existuje dopyt po využívaní služieb centra HPC. Slovenský priemysel doteraz nemal možnosť prístupu k verejným HPC službám. Dôvodom bola nielen absentujúca národná stratégia, ale aj obmedzenia v ich poskytovaní, keďže infraštruktúru obstaranú cez SIVPP nebolo možné poskytovať inému než akademickému sektoru. S exponenciálnym nárastom potreby znalostí v oblastiach strojového učenia, Big Data a Smart Industry však táto potreba vzniká, a tak narastá aj dopyt po sprístupnení služieb HPC.

Je teda zjavné, že vytvorenie EuroHPC centra v Slovenskej republike by bolo pre našu krajinu skutočným prínosom. Úspech predloženej žiadosti však nie je samozrejmosťou. Slovensko musí presvedčiť EuroHPC JU, že schopné splniť nasledujúce kritériá:

- predkladateľ musí mať preukázané skúsenosti s prevádzkovaním podobného výpočtového systému (buď vlastné alebo kontrahované u tretej strany),
- musí preukázať kvalitu hostovacích priestorov a IT infraštruktúry (okrem iných pripojenia na energie, bezpečnosti a konektivity na zvyšok EÚ),

³² <https://eurohpc-ju.europa.eu/calls/centres-excellence-hpc-applications#ecl-inpage-2>

- musí udržať kvalitu služieb, ktoré bude poskytovať používateľom (t. j. musí preukázať schopnosť dodržiavať stanovené úrovne SLA).

Pokiaľ ide o podmienku preukázateľných skúseností s prevádzkovaním podobného výpočtového systému, tieto boli podrobnejšie popísané v časti História HPC na Slovensku. K tomu môžeme ešte doplniť skúsenosti rezortu Ministerstva vnútra Slovenskej republiky s prevádzkovaním Vládneho cloudu a skúsenosti Ministerstva financií Slovenskej republiky s prevádzkovaním dátových centier. Tieto viacročné skúsenosti s poskytovaním IT služieb sú zároveň aj predpokladom schopnosti dodržiavať vyžadované úrovne SLA.

Výber vhodných prevádzkových priestorov pre centrum HPC je samozrejme priamo závislý na zvolenom scenári. Navrhované scenáre vybudovania prevádzkovania sú popísané v ďalších kapitolách. Nevyhnutnou podmienkou zvýšenia pravdepodobnosti úspechu v snahe stať sa hostiteľským partnerom EuroHPC je ale vyhodnotenie vhodnosti jednotlivých scenárov na základe rovnakých kritérií, aké pri vyhodnotení žiadosti použije EuroHPC JU.

3.4 Prehľad obdobných HPC v EÚ z hľadiska parametrov

Bližší pohľad na najnovšie inštalácie HPC zariadení v EÚ poskytuje predstavu o aktuálnom stave výkonnosti, architektúry a konfigurácií potrebných pre vybudovanie konkurencieschopného HPC v prostredí Európskej Únie.

V spolupráci s EuroHPC JU boli v nedávnej minulosti začaté projekty inštalácie troch pre-exascale superpočítačov a 5 petascale superpočítačov. V priebehu prípravy tejto štúdie prebehlo obstarávanie ďalších piatich (2 exa-scale a 3 peta-scale) európskych superpočítačov. Cieľom iniciatívy je zvýšiť celkový výpočtový výkon dostupný pre HPC používateľov v EÚ. V tabuľke nižšie je dostupný prehľad týchto HPC a aktuálny stav ich realizácie.

Tabuľka 11: Sedem pre-exascale počítače a 6 petascale³³ počítačov

Typ	Meno	Krajina	Aktuálny stav
Pre-exascale	LUMI	Fínsko	V prevádzke
Pre-exascale	LEONARDO	Taliansko	Prebieha inštalácia / výstavba
Pre-exascale	MareNostrum 5	Španielsko	Obstarávanie / Prípravné práce
Pre-exascale	DAEDALUS	Grécko	Obstarávanie / Prípravné práce
Pre-exascale	LEVENTE	Maďarsko	Obstarávanie / Prípravné práce
Pre-exascale	CASPIr	Írsko	Obstarávanie / Prípravné práce
Pre-exascale	EHPCPL	Poľsko	Obstarávanie / Prípravné práce
Petascale	Deucalion	Portugalsko	Prebieha inštalácia / výstavba
Petascale	Discoverer	Bulharsko	V prevádzke
Petascale	Karolina	Česká republika	V prevádzke
Petascale	MeluXina	Luxembursko	V prevádzke
Petascale	Vega	Slovinsko	V prevádzke
Petascale	JUPITER	Nemecko	Obstarávanie / Prípravné práce

³³ EuroHPC zariadenia vo výstavbe, <https://eurohpc-ju.europa.eu/>

Architektúra spomenutých superpočítačov je navrhnutá tak, aby spĺňala širokú škálu požiadaviek potenciálnych používateľov. Poskytuje rovnováhu medzi diverzitou a “best in class” technológiami, ktoré dokážu držať krok s rýchlym napredovaním moderných aplikácií vo vede a výskume. Väčšina z 8 HPC spolieha na modulárnu architektúru s veľkým množstvom systémových partícií poskytujúcich rôzne konfigurácie. Najpoužívanějšíou technológiou pre CPU je x86_64. Väčšina GPU partícií využíva NVIDIA riešenia.

Všetky superpočítače, ktoré sú už v prevádzke (Discoverer, Karolina, MeluXina a Vega), sú postavené na báze klastrov. Výpočtový klaster sa skladá z viacerých počítačov, pospájaných vysokorýchlostnou lokálnou sieťou, ktoré spolupracujú, aby sa navonok javili ako jednoliaty systém. Klastre sa kvôli svojej cenovej efektívnosti obvykle používajú hlavne na zvýšenie výkonu a dostupnosti. Pre svoje fungovanie využívajú software, ktorý umožňuje vysokovýkonné distribuované počítanie. Výkonnosť klastrov je často ďalej zvyšovaná grafickými akcelerátormi.³⁴

Najaktuálnejší rebríček HPC zariadení podľa výkonu (TOP500) a energetickej efektívnosti (Green500) v čase písania štúdie bol publikovaný k Júnu 2022.

Z nameraných a reportovaných výsledkov v rámci TOP500 a GREEN500 rebríčkov vyplýva, že HPC ako Karolina či MeluXina sa zaraďujú medzi špičku superpočítačov v oblasti energetickej efektívnosti a zaradili sa tak v prvej desiatke na svete v GREEN500 zozname. Zároveň svojím výkonom nezaostávajú za najlepšimi zariadeniami na svete, umiestnili sa v prvej stovke rebríčka výkonnosti a dokážu poskytnúť dostatočnú výpočtovú kapacitu pre pokrytie potrieb širokej škály klientov.

Treba však zároveň poznamenať, že napr. Karolina dosahuje uvedené umiestnenie vďaka energetickej efektívnosti svojej GPU partície, podobne aj MeluXina vďaka akcelerátoru (obe s využitím NVIDIA GPU). Je preto potrebná istá opatrnosť pri hodnotení rebríčkového umiestnenia takýchto počítačov.

Tabuľka 12: Umiestnenie vybraných európskych HPC zariadení v Green500³⁵

Rank	Name	Computer	Manufacturer	Country	Year	Total Cores	Rmax [TFLO PS/s]	Power (kW)
14	Karolina, GPU partition	Apollo 6500, AMD EPYC 7763 64C 2.45GHz, NVIDIA A100 SXM4 40 GB, Infiniband HDR200	HPE	Czechia	2021	71 424	6 752,00	311
241	Discoverer	BullSequana XH2000, AMD EPYC 7H12 64C 2.6GHz, Infiniband HDR	Atos	Bulgaria	2021	144 384	4 518,87	
247	VEGA HPC CPU	BullSequana XH2000, AMD EPYC 7H12 64C 2.6GHz, Mellanox InfiniBand HDR100	Atos	Slovenia	2021	122 880	3 822,00	
94	Altair	CH121L V5 Liquid-Cooled, Xeon Platinum 8268 24C 2.9GHz, Infiniband EDR	Huawei	Poland	2020	63 360	3 533,61	829
290	VEGA HPC GPU	BullSequana XH2000, AMD EPYC 7H12 64C 2.6GHz, NVIDIA A100, Infiniband HDR	Atos	Slovenia	2021	33 600	3 096,00	

³⁴ Klastrové počítanie, <http://www.sivvp.sk/o-hpc#kp>

³⁵ June 2022 | TOP500

Rank	Name	Computer	Manufacturer	Country	Year	Total Cores	Rmax [TFLOPS/s]	Power (kW)
65	Karolina, CPU partition	Apollo 2000, AMD EPYC 7H12 64C 2.6GHz, InfiniBand HDR 100 CH121L V5 Liquid-Cooled, Xeon	HPE	Czechia	2021	92 160	2 837,40	503
82	Ares	Platinum 8268 24C 2.9GHz, Infiniband EDR	Huawei	Poland	2021	37 824	2 338,79	487
66	Tryton Plus	CH121L V5 Liquid-Cooled, Xeon Platinum 8268 24C 2.9GHz, Infiniband EDR	Huawei	Poland	2021	30 432	1 728,34	307
161	Prometheus	HP Apollo 8000, Xeon E5-2680v3 12C 2.5GHz, Infiniband FDR, NVIDIA Tesla K40	HPE	Poland	2015	55 728	1 670,09	808

3.4.1 Architektúra vybraného petascale počítača v prevádzke – Karolína (ČR)

Z hľadiska regionálnej blízkosti a z dôvodu výborných parametrov v oblasti energetickej efektívnosti, je v tejto kapitole opísaná architektúra HPC Karolína. Tento superpočítač je z hľadiska stavby a komponentov navrhnutý tak, aby pokryl požiadavky pri riešení komplexných vedeckých a priemyselných problémov od klasických numerických simulácií po rozsiahle dátové analýzy a umelú inteligenciu.

HPC Karolína sa skladá z nasledovných častí:³⁶

- Univerzálna časť pre tradičné numerické simulácie – 720 serverov s celkovým teoretickým výpočtovým výkonom 3.8 PFLOPS.
- Akcelerovaná časť – 72 serverov, kde každý obsahuje 8 GPU akceleratorov s celkovým teoretickým výkonom 11.6 PFLOPS pre štandardné HPC simulácie a až 360 PFLOPS pre výpočty umelej inteligencie.
- Časť navrhnutá pre spracovanie rozsiahlych dátových súborov, ktorá poskytuje 24 TB zdieľanej pamäte.
- 36 serverov s celkovým výkonom 192 TFLOPS pre poskytovanie cloud služieb.
- Vysokorychlostná sieť na prepojenie komponentov s rýchlosťou 200 Gb/s.
- Dátové úložisko s kapacitou 1.4 PB a rýchlosťou do 1 TB/s.

Tabuľka 13: Technické parametre HPC Karolína

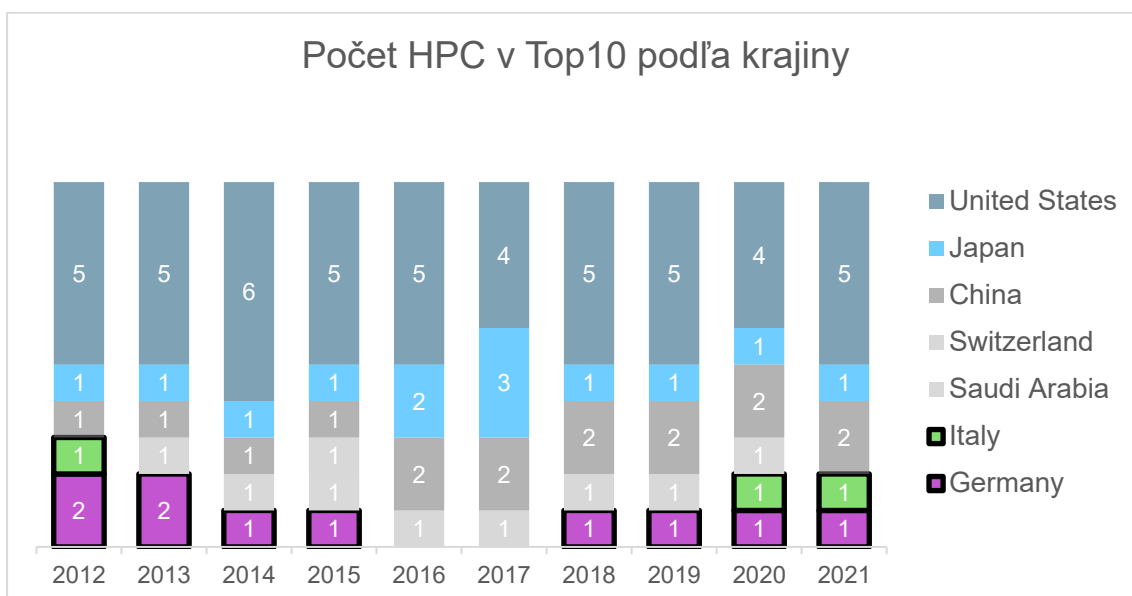
Parameter	Hodnota
ZAČIATOK PREVÁDZKY	Leto 2021
TEORETICKÝ VÝKON	15 690 TFLOPS
OPERAČNÝ SYSTÉM	Centos 64 bit 7.x
VÝPOČTOVÉ UZLY	831
CPU NA UZOL	720x 2x AMD 7H12, 64 jadier, 2,6 GHz, celkom 92 160 jadier 72x 2x AMD 7763, 64 jadier, 2,45 GHz, celkom 9 216 jadier 72x 8x NVIDIA A100 GPU, celkom 576 GPU 32x Intel Xeon-SC 8628, 24 jadier, 2,9 GHz, celkom 768 jadier

³⁶ Karolína – infraštruktúra, <https://www.it4i.cz/infrastruktura/karolina>

	36x 2x AMD 7H12, 64 jadier, 2,6 GHz, celkom 4 608 jadier 2x 2x AMD 7452, 32 jadier, 2,35 GHz, celkom 128 jadier
RAM NA UZOL	256 GB / 1 TB (GPU) / 24 TB uzol 320 GB HBM2 (8 x 40 GB) GPU
AKCELERÁTORY	576x NVIDIA A100
KAPACITA ÚLOŽISKA	30,6 TB / home (1,93 GB/s sekvenčný zápis, 3,10 GB/s sekvenčné čítanie) 1 361 TB / scratch (NVMe, 730,9 GB/s sekvenčný zápis, 1 198,3 GB/s sekvenčné čítanie)
INTERCONNECT	Infiniband HDR 200 Gb/s

3.4.2 Porovnanie EÚ so svetom

V oblasti výpočtovej kapacity a architektúry sú lídrami v oblasti superpočítačov Spojené štáty, Japonsko a Čína. Pri pohľade na najvýkonnejšie HPC v rebríčku TOP500 za posledných 10 rokov vidieť dominanciu zvyšku sveta nad krajinami EÚ. Najvýkonnejšie HPC nachádzajúce sa v EÚ sú (Fínsko – LUMI) v aktuálnom rebríčku na 3 mieste a (Francúzsko - ADAstra) obsadzuje v aktuálnom rebríčku 10. miesto³⁷.

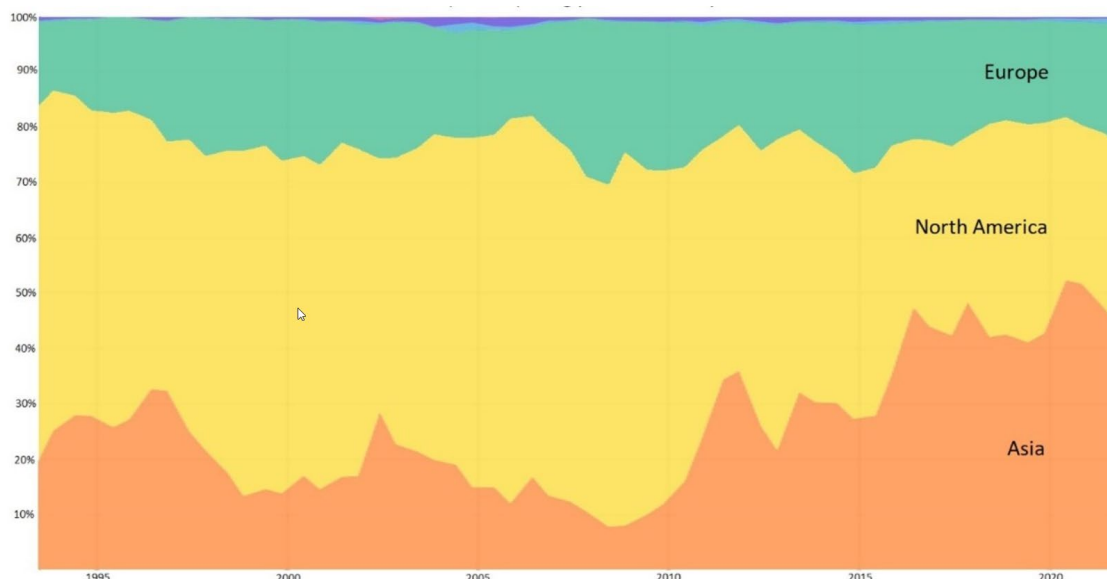


Obrázok 3: Počet HPC v Top10 podľa krajiny

Výpočtová kapacita v rámci EÚ je do veľkej miery závislá od technológií, ktoré pochádzajú z prostredia mimo EÚ, čo znižuje schopnosť inovovať a konkurovať zvyšku sveta. Do určitej miery je aktuálne postavenie EÚ v oblasti HPC spôsobené aj doterajším nejednotným postupom v dynamickom prostredí EÚ, kde jednotlivé subjekty majú tendenciu uprednostňovať svoje národné záujmy. Aj z týchto dôvodov vznikla iniciatíva EuroHPC, opísaná v predchádzajúcich kapitolách, ktorej cieľom je priblížiť sa v oblasti HPC zvyšku sveta.

³⁷ Top500 – jún 2022, <https://www.top500.org/lists/top500/2022/06/>

Pri pohľade do histórie vidíme, že Európa ako celok si udržiava stabilný podiel z celkovej výpočtovej kapacity na úrovni približne jednej pätiny, pričom v poslednom desaťročí rastie HPC trh najmä v ázijských regiónoch.



Obrázok 4: Podiel z celkovej výpočtovej kapacity podľa regiónu³⁸

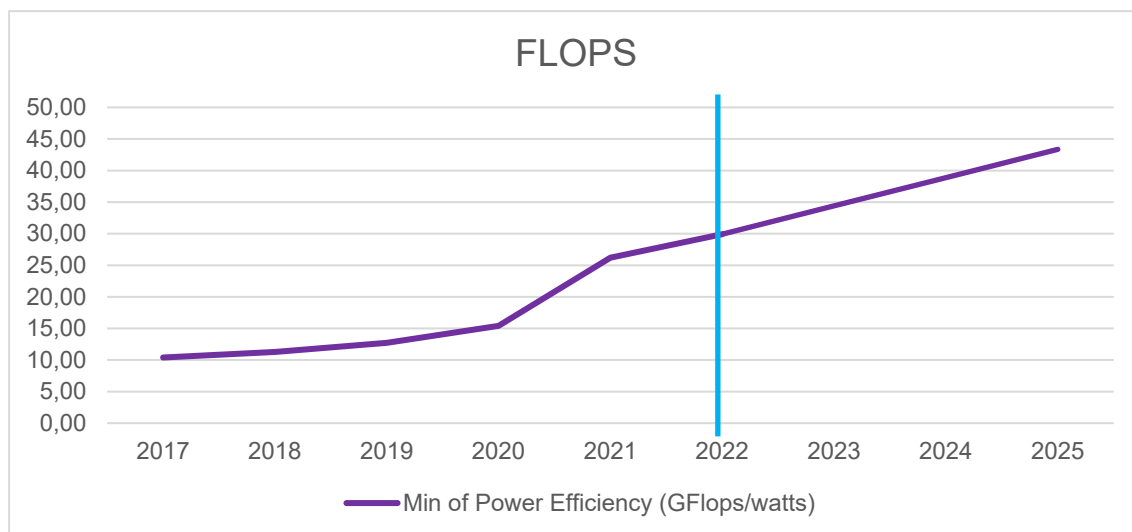
3.5 Analýza technických parametrov

3.5.1 Energetická efektívnosť

Vychádzajúc z predpokladu, že pri budovaní nového HPC je cieľom dosiahnuť špičkovú energetickú efektívnosť, je potrebné zanalyzovať aktuálne parametre energetickej efektívnosti najlepších existujúcich HPC. Zároveň je potrebné rátať s postupným zvyšovaním nárokov v čase. Parametre ktoré sú pre vstup do najlepšej desiatky dostatočné dnes, už o 2-3 roky stačiť nebudú.

Podľa rebríčka Green500 (2022-6) dosahuje momentálne energeticky najefektívnejší superpočítač (Frontier TDS, USA) pomer 62,68 GFLOPS/Watt, pri výkone 19.20 Rmax [TFLOPS/s] a 309 kW. Pre umiestnenie v prvej desiatke je momentálne potrebné dosiahnuť efektívnosť minimálne 29,93 GFLOPS/Watt. Pri rovnakom tempe rastu by v roku 2025 bolo potrebné dosiahnuť energetickú efektívnosť približne na úrovni 43 GFLOPS/Watt, aby sa dané zariadenie dostalo do Green top10 HPC na svete. Na grafe nižšie vidieť predpovedané budúce hodnoty pre minimálnu energetickú efektívnosť potrebnú pre vstup do Green Top10 za predpokladu, že technologický pokrok tohto parametru bude mať približne rovnaké tempo.

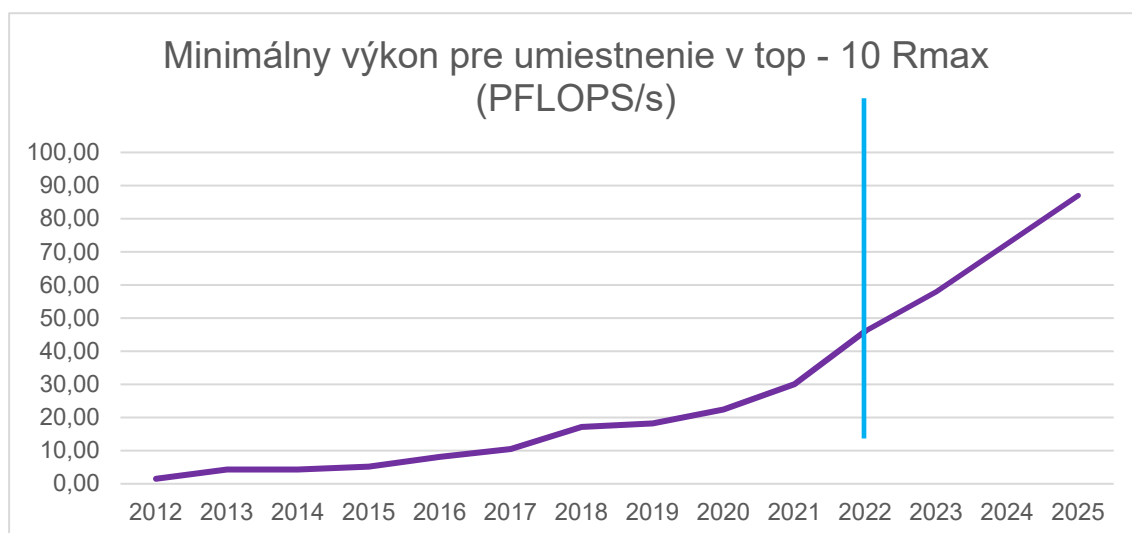
³⁸ Europe holds its own in supercomputer race as China squeezes out US, <https://sciencebusiness.net/news/europe-holds-its-own-supercomputer-race-china-squeezes-out-us>



Obrázok 5: Predikcia minimálnej energetickej efektívnosti potrebnej pre vstup do Green Top10

3.5.2 Výpočtový výkon

Momentálne najvýkonnejší HPC (Frontier, USA) dosahuje výpočtový výkon Rmax 1102 PFLOPS/s. Pre vstup do top10 je potrebný minimálny výkon 46,1 PFLOPS/s. Ak by rast výkonnosti pokračoval rovnakým tempom, tak v roku 2025 by bolo potrebné dosiahnuť výkon na úrovni 87,01 PFLOPS/s, aby sa superpočítač zaradil do desiatky najvýkonnejších.



Obrázok 6: Predikcia minimálneho výkonu potrebného pre vstup do Top10 najvýkonnejších HPC

Obdobne ako pri obrázku 3, aj na obrázku 4 je vypočítaná budúca hodnota výkonnosti potrebnej pre vstup do desiatky najvýkonnejších HPC na svete za predpokladu, že technologický pokrok tohto parametru bude mať približne rovnaké tempo.

Budúce hodnoty sú v oboch prípadoch vypočítané pomocou algoritmu exponenciálneho vyrovnávania (ETS). Predpovedaná hodnota je pokračovaním historických hodnôt v zadanom cieľovom dátume, ktorý by mal byť pokračovaním časovej osi.

3.6 Prieskum požiadaviek na výkon/kapacity HPC

Prieskum aktuálnych a budúcich potrieb HPC používateľov na Slovensku bol vykonaný pod záštitou CSČ SAV. Respondenti uviedli pracovisko, charakter výpočtových úloh, aktuálne a budúce požiadavky na výpočtovú kapacitu, úložisko a ďalšie parametre. Respondenti avizovali nasledujúci dopyt po službách HPC.

Tabuľka 14: Avizovaný dopyt po službách HPC

Pracovisko	Oblasť výskumu	Odhad potreby pre budúce projekty (corehodiny)
FCHPT STU	chémia	> 10 000 000
GEODETICCA VISION	informatika	100 000 - 1 000 000
Chemický ústav	chémia	100 000 - 1 000 000
Katedra Aplikovanej Informatiky FMFI UK	informatika	< 100 000
Katedra elektroniky a multimediálnych telekomunikácií, FEI TUKE	spracovanie reči a jazyka	100 000 - 1 000 000
Katedra jadrovej fyziky a biofyziky	fyzika	> 10 000 000
Katedra experimentálnej fyziky FMFI UK	fyzika	1 000 000 - 10 000 000
Katedra chémie FPV UMB	chémia	1 000 000 - 10 000 000
	informatika	> 10 000 000
Oddelenie fyzikálnej chémie FCHPT STU	chémia	100 000 - 1 000 000
Oddelenie teoretickej chémie, Ústav anorganickej chémie, SAV	chémia	> 10 000 000
Prírodovedecká fakulta UK	chémia	100 000 - 1 000 000
	materiálová veda	> 10 000 000
SAV	biológia	1 000 000 - 10 000 000
	elektrotechnika	< 100 000
	fyzika	100 000 - 1 000 000
	chémia	1 000 000 - 10 000 000
	materiálová veda	> 10 000 000
Ústav experimentálnej fyziky SAV	fyzika	> 10 000 000
Ústav fyzikálnych vied, UPJŠ	fyzika	1 000 000 - 10 000 000
Ústav vied o Zemi	fyzika	100 000 - 1 000 000

V priebehu októbra 2022 prebehol opakovaný prieskum u používateľov HPC, ktorého cieľom bolo spresniť predpokladaný rozsah dopytu a získať podrobnejšie informácie o plánovaných výskumných projektoch, ktoré budú využívať služby HPC. Získané

informácie z oboch prieskumov sú podrobne popísané v prílohe 9.1 *Prieskum požiadaviek na výkon/kapacity HPC*³⁹.

3.6.1 Určenie minimálnej požadovanej kapacity na základe výsledkov prieskumu

Údaje získané z oboch prieskumov je nutné považovať za **odhad spodnej hranice cieľového výkonu/konfigurácie** plánovaného národného HPC systému a to z dvoch dôvodov:

- dotazník vyplnila len časť oslovených respondentov,
- navyše celonárodne očakávame nárast dopytu, ktorý je momentálne čiastočne saturovaný zahraničnými kapacitami a dosluhujúcimi systémami SIVVP.

Podrobnejšie informácie o činnosti jednotlivých výskumných skupín a zdôvodnenie ich požiadaviek v horizonte 5 rokov sú v prílohe 9.1 *Prieskum požiadaviek na výkon/kapacity HPC*. Bližšie informácie boli zisťované len pre skupiny s požiadavkou v intervale 1 – 10 miliónov jadrohodín a nad 10 jadrohodín.

Z dotazníkového prieskumu vyplýva požiadavka na systém, ktorý bude mať približne **57 000 CPU jadier**. Hodnota bola získaná prepočtom požiadavky v tzv. core-hodinách na počet jadier za predpokladu realizácie dvoch projektov ročne.

Výpočtová kapacita bude všetkým projektom (okrem komerčných) pridelená na základe nezávislého a transparentného peer-review procesu, pričom sa budú hodnotiť kritériá ako vedecká excelentnosť, metódy a state-of-the-art, inovatívnosť, spoločensko-ekonomické prínosy (všeobecne, bez kvantifikácie). Hodnotia sa aj technické kritériá, teda paralelizácia a škálovateľnosť zvolených metód a primeranosť požiadavky na výpočtovú kapacitu. Tento hodnotiaci proces je bežným nástrojom či už v [PRACE](#), [EuroHPC](#) alebo jednotlivých krajinách a zaručuje pridelenie kapacity len kvalitne pripraveným projektom s vysokou pravdepodobnosťou hodnotných výstupov (publikácie, aplikácie, patenty a pod.)

Keďže počítame s integráciou do siete superpočítačov EuroHPC JU, a teda navýšením výpočtového výkonu o 35 % pre potreby EuroHPC, bude celkový minimálny požadovaný počet výpočtových jadier cca 87 700.

³⁹ Oba prieskumy predpokladaného dopytu realizovalo a spracovalo CSČ SAV

4 Analýza prostredia a priestor v rámci SR a EÚ

4.1 Princíp fungovania podobných infraštruktúr v rámci EÚ

V rámci EÚ existuje viacero organizácií určených na podporu budovania, prevádzkovania zariadení HPC a vyžívania služieb HPC. Z hľadiska účelu tejto kapitoly ich podľa hodnotového reťazca môžeme rozdeliť na organizácie, ktoré poskytujú finančnú podporu pri vybudovaní superpočítačov a dátových centier určených na všeobecné alebo špecifické účely, na prevádzkovateľov superpočítačov, na vývojárov aplikácií pre HPC a na sprostredkovateľov služieb HPC. Viaceré nižšie uvedené organizácie pokrývajú viac než len jednu z týchto oblastí.

4.1.1 Finančná pomoc EÚ pre vybudovanie dátových centier

4.1.1.1 Spoločný podnik EuroHPC

Najvýznamnejšou organizáciou v tejto skupine je EuroHPC JU. V rámci svojich aktivít poskytujú finančné prostriedky na vybudovanie špičkových centier HPC a zároveň sprostredkujú využitie HPC prostriedkov a služieb.

Z hľadiska alokácie prístupu EÚ k výpočtovým zdrojom (superpočítačom) finančne podporeným z EuroHPC sprostredkujú alokáciu prístupového času k superpočítačom priamoúmerne k finančnému príspevku EÚ na celkových nákladoch na vlastníctvo (TCO) tohto počítača. V prípade pre-exascale počítača to môže byť maximálne 50 % celkového prístupového času tohto počítača, ale predpokladaný odber kapacity je vo výške 35 %. Sprostredkujú aj alokáciu na komerčné využitie maximálne do 20 % kapacity každého z petascale a pre-exascale superpočítačov na základe princípu poplatkov za použitie (pay-per-use), ktorý je založený na trhovách cenách. Poplatky generované komerčným využitím času vyhradeného pre EÚ tvoria príjmy do rozpočtu EuroHPC JU a slúžia na pokrytie prevádzkových nákladov EuroHPC JU.

4.1.1.2 Európsky fond regionálneho rozvoja (EFRR)⁴⁰

Cieľom Európskeho fondu regionálneho rozvoja (EFRR) je posilniť hospodársku, sociálnu a územnú súdržnosť v Európskej únii nápravou nerovnováhy medzi jej regiónmi. V rokoch 2021 – 2027 umožní investície do inteligentnejšej, ekologickejšej, prepojenejšej a sociálnejšej Európy, ktorá je bližšie k svojim občanom. V rokoch 2021 – 2027 fond umožní investíciám, aby Európa a jej regióny:

Konkurencieschopnejšia a inteligentnejšia vďaka inováciám a podpore pre malé a stredné podniky, ako aj digitalizácii a digitálnej konektivite.

⁴⁰ Zdroj: [Európsky fond regionálneho rozvoja \(EFRR\) | Informačné listy o Európskej únii | Európsky parlament \(europa.eu\)](#)

- Ekologickejšie, nízkouhlíkové a odolnejšie.
- Viac prepojení zvýšením mobility.
- Sociálnejšie, podpora efektívnej a inkluzívnej zamestnanosti, vzdelávania, zručností, sociálneho začlenenia a rovnakého prístupu k zdravotnej starostlivosti, ako aj posilnenie úlohy kultúry a trvalo udržateľného cestovného ruchu
- Bližšie k občanom, podpora miestneho rozvoja a trvalo udržateľného rozvoja miest v celej EÚ.

4.1.1.3 *Plán obnovy a odolnosti Slovenska*⁴¹

Cieľom plánu obnovy a odolnosti Slovenska je prispieť k opätovnému naštartovaniu rýchleho a udržateľného rastu hospodárstva aj kvality života na Slovensku a eliminovať dopady pandémie koronavírusu na ekonomiku Slovenska. Je zameraný na päť kľúčových oblastí verejných politík:

- Zelená ekonomika,
- Vzdelávanie,
- Veda, výskum a inovácie,
- Zdravie,
- Efektívna verejná správa a digitalizácia.

4.1.2 **Prevádzkovatelia superpočítačov**

Prevádzkovateľmi superpočítačov vybudovaných v spoluprácu s EuroHPC JU sú zvyčajne organizácie zo segmentu verejnej správy a akademické inštitúcie alebo sú to konzorciá, ktoré môžu spájať verejné inštitúcie, akademické inštitúcie, komerčné subjekty alebo dokonca jednotlivé členské krajiny EÚ. Ako príklad môžeme uviesť:

- Vládny poskytovateľ: Minho Advanced Computing Center (MACC), Portugalsko
- Akademický prevádzkovateľ: Národné superpočítačové centrum IT4Innovation pri VŠB Technická univerzita v Ostrave, Česká republika
- Súkromná spoločnosť: LuxProvide, ktorá je dcérskou spoločnosťou LuxConnect (Luxembursko)
- Konzorcium členských štátov: Fínsko, Belgicko, Česká republika, Dánsko, Estónsko, Island, Nórsko, Poľsko, Švédsko a Švajčiarsko (Fínsko).

Rôzne aspekty prevádzkovania superpočítačov spolufinancovaných za pomoci EuroHPC JU sú popísané nižšie.

⁴¹ [Domov | Plán obnovy \(planobnovy.sk\)](#)

4.1.3 Sprostredkovatelia služieb HPC

Sprostredkovatelia sú nevyhnutnou súčasťou hodnotového reťazca HPC. Vytvárajú prepojenie medzi prevádzkovateľom HPC a konzumentmi jeho služieb a zvyčajne poskytujú aj vlastné nástroje na sprístupnenie kapacity HPC.

4.1.3.1 PRACE

PRACE⁴² (The Partnership for Advanced Computing in Europe) je medzinárodná nezisková organizácia so sídlom v Bruseli. Jej poslaním je umožniť vedecké objavy a inžiniersky výskum a vývoj vo všetkých disciplínach s cieľom zvýšiť európsku konkurencieschopnosť. PRACE sa snaží realizovať toto poslanie tým, že ponúka výpočtovú techniku a zdroje a služby na správu údajov svetovej triedy prostredníctvom procesu odborného hodnotenia (peer reviews).

Prístup cez projekt PRACE - Project Access je prístup k zdrojom PRACE Tier-0 svetovej triedy HPC. Oprávnené na prístup sú projekty, ktoré využívajú kódy, ktoré boli predtým testované a preukázali vysokú škálovateľnosť a optimalizáciu. Tento prístup k zdrojom PRACE je určený výlučne na účely otvoreného výskumu a vývoja. Všetky výzvy PRACE sú otvorené pre akademické a komerčné subjekty za špecifických podmienok uvedených v jednotlivých výzvach.

SHAPE⁴³ - SHAPE (SME HPC Adoption Programme in Europe) je celoeurópska iniciatíva podporovaná projektom PRACE. Cieľom programu je zvýšiť povedomie a poskytnúť malým a stredným európskym podnikom odborné znalosti potrebné na využitie inovačných možností, ktoré poskytuje HPC, čím sa zvýši ich konkurencieschopnosť. Program umožňuje malým a stredným podnikom využívať odborné znalosti a znalosti vyvinuté v rámci infraštruktúry PRACE.

DECI⁴⁴ - Program PRACE Distributed European Computing Initiative (DECI) poskytuje prístup prostredníctvom výziev k zdrojom úrovne Tier-1 v celej Európe. Oprávnené sú akademické alebo komerčné výskumné organizácie, pokiaľ sú žiadosti o HPC služby určené pre výskum v európskej krajine (Európska únia, kandidátske krajiny, pridružené krajiny a členské krajiny PRACE), ktorý nie je majetkovo viazaný (non-proprietary).

4.1.3.2 I4MS

I4MS⁴⁵ (ICT Innovation for Manufacturing SMEs) je európska iniciatíva na podporu výrobných MSP a spoločností so strednou trhovou kapitalizáciou pri rozšírenom používaní informačných a komunikačných technológií (IKT) v ich obchodných operáciách. V rámci I4MS môžu MSP požiadať o technologickú a finančnú podporu na

⁴² <http://www.prace-ri.eu>

⁴³ [SHAPE Access - PRACE \(prace-ri.eu\)](#)

⁴⁴ [DECI Access - PRACE \(prace-ri.eu\)](#)

⁴⁵ [I4MS](#)

vykonávanie experimentov, ktoré im prostredníctvom otvorených výziev umožnia testovať digitálne inovácie v ich podnikaní.

4.1.3.3 *Projekt EUHubs4Data*

Cieľom projektu EUHubs4Data⁴⁶ je vybudovať európsku federáciu Data Innovation Hubs založenú na existujúcich kľúčových hráčoch v tejto oblasti a na prepojení s dátovými inkubátormi a platformami, sieťami malých a stredných podnikov, komunitami AI, organizáciami zameranými na zručnosti a školenia a úložiskami otvorených dát.

4.1.3.4 *FF4EuroHPC*

FF4EuroHPC⁴⁷ je európska iniciatíva, ktorá pomáha malým a stredným podnikom uľahčiť prístup ku všetkým HPC technológiám, a tým zvyšuje inovačný potenciál európskeho priemyslu. FF4EuroHPC spája podniky so špičkovými technológiami, či už ide o spúšťanie simulácií vo vysokom rozlíšení, rozsiahle analýzy údajov alebo začlenenie aplikácií AI do pracovných postupov.

4.1.3.5 *EuroCC*

Projekt EuroCC⁴⁸ má za úlohu podporiť zriaďovanie národných kompetenčných centier (NCC) v oblasti vysokovýkonných počítačov (HPC) v jednotlivých krajinách EÚ. Každé NCC má koordinovať aktivity vo všetkých oblastiach súvisiacich s HPC na národnej úrovni a slúžiť ako kontaktné miesto pre zákazníkov z priemyslu, vedy, (budúcich) expertov na HPC a podobne. Projekt EuroCC je financovaný z 50 % prostredníctvom H2020 (Horizont 2020 v rámci EuroHPC JU) a z 50 % prostredníctvom národných programov financovania v partnerských krajinách.

4.1.3.6 *Projekt LEXIS*

Cieľom projektu je vytvoriť infraštruktúru umožňujúcu využívať HPC a big data služby vo forme cloud „HPC-as-a-Service“ modelu a poskytujúce ďalšie služby súvisiace s HPC problematikou. Lexis konzorcium je zložené zo súkromných spoločností (Atos/Bull, TESEO and Avio Aero), HPC centier (LRZ- Nemecko, IT4I- Česká republika, ICHEC – Írsko) a niekoľkých MSP.⁴⁹

4.1.4 **Vývojári aplikácií HPC (centrá excelentnosti)**

Centrá excelentnosti spájajú európske znalosti svetovej úrovne a odborné znalosti v oblasti uplatňovania zavedených mechanizmov, používateľsky riadeného vývoja, výkonných nástrojov a programovacích modelov pre HPC a činností spoločného

⁴⁶ [EUHubs4Data | European Federation Of Data Driven Innovation Hubs](#)

⁴⁷ [FF4EuroHPC High-performance computing technologies for SMEs](#)

⁴⁸ [Welcome to the World of NCCs - EuroCC ACCESS \(\[eurocc-access.eu\]\(https://eurocc-access.eu\)\)](#)

⁴⁹ <https://lexis-project.eu/web/>

dizajnu pre skutočné systémy založené na špičkových technológiách. Sprístupňujú HPC technológie ich odberateľom tým, že riešia medzeru v zručnostiach vo výpočtovej vede v cieľových oblastiach prostredníctvom špecializovaných školení na zvýšenie prijatia pokročilých HPC v priemysle a akademickej obci. Svojím zameraním pokrývajú oblasti inžinierstva, environmentálnej vedy, obnoviteľnej energie, materiálového modelovania a dizajnu, molekulárneho a atómového modelovania, vedy o veľkých dátach a globálnych systémoch, biomolekulárneho výskumu a nástrojov na optimalizáciu výkonu aplikácií HPC, ale hlavne rozvíjajú HPC aplikácie v rámci svojich špecializácií.

4.1.4.1 *BioExcel*⁵⁰

Centrum excelentnosti pre výpočtový biomolekulový výskum (BioExcel) pôsobí v záujme rozvoja a podpory softvérového ekosystému HPC v oblasti biologických vied. Výskum a expertíza zahŕňa štruktúrne a funkčné štúdie hlavných stavebných kameňov živých organizmov (proteíny, DNA, membrány atď.) a techniky modelovania ich interakcií od kvantových až po hrubozrnné modely až po úroveň jednej bunky. Práca v centre je zameraná na:

- zlepšenie výkonu a škálovateľnosti hlavných simulačných balíkov pre efektívnejšie využitie zdrojov HPC,
- zlepšenie použiteľnosti existujúcich a navrhovanie nových pracovných postupov a prostredí s pridruženou integráciou údajov,
- budovanie kompetencií medzi akademickou obcou a priemyslom prostredníctvom rozsiahlych školiacich programov a propagácie osvedčených postupov.

4.1.4.2 *ChEESE*⁵¹

Hlavným cieľom ChEESE je založiť nové centrum excelentnosti (CoE) v doméne Solid Earth (SE) so zameraním na prípravu 10 vlajkových európskych kódov pre pre-exascale a exascale v oblasti výpočtovej seizmológie, magnetohydrodynamiky, fyzickej vulkanológie, cunami a analýzy údajov a prediktívnych techník na monitorovanie zemetrasení a sopiek.

4.1.4.3 *CoEC*⁵²

Európska únia sa zaviazala dosiahnuť do roku 2050 nulové čisté emisie skleníkových plynov. Centrum excelentnosti v spaľovaní (CoEC) rieši túto výzvu pomocou pokročilých modelovacích a simulačných technológií na štúdium spaľovania udržateľných palív a nových technológií spaľovania s cieľom transformovať európsky energetický a dopravný sektor.

⁵⁰ [BioExcel – Centre of Excellence for Computation Biomolecular Research](#)

⁵¹ [Home | ChEESE - Centre of Excellence for Exascale Supercomputing in the area of the Solid Earth \(cheese-coe.eu\)](#)

⁵² [Home - COEC \(coec-project.eu\)](#)

4.1.4.4 *CompBioMed*⁵³

HPC v oblasti biológie človeka pomáhajú budovať stále relevantnejšie prediktívne modely zdravia a chorôb pre klinickú prax, ktoré poskytujú personalizovaný aspekt liečby. Počítačové modelovanie a simulácia sú dobre zavedené vo fyzikálnych vedách a inžinierstve, kde je používanie vysokovýkonných výpočtov (HPC) v súčasnosti rutinou. Centrum excelentnosti Výpočtová biomedicína (Computational Biomedicine) je centrum excelentnosti vo výpočtovej biomedicíne, ktorého cieľom je podporovať rozvíjanie a využívanie vysokovýkonnej výpočtovej techniky v rámci komunity biomedicínskeho modelovania. Komunity používateľov tohto centra excelentnosti pochádzajú z akademickej obce, priemyslu a klinickej praxe.

4.1.4.5 *E-CAM*⁵⁴

Celkovým cieľom Európskeho centra excelentnosti (E-CAM) je vytvoriť, rozvíjať a udržiavať európsku infraštruktúru pre výpočtovú vedu aplikovanú na simuláciu a modelovanie materiálov a biologických procesov priemyselného a spoločenského záujmu. Na dosiahnutie tohto cieľa využíva E-CAM nasledujúce doplnkové nástroje:

- Vývoj, testovanie a šírenie modulárneho softvéru zameraného na potreby koncových používateľov. Softvérové moduly vyvinuté v kontexte centra excelentnosti E-CAM sú zdokumentované na adrese <https://e-cam.readthedocs.io>.
- Pokročilé vzdelávanie súčasných a budúcich akademických a priemyselných výskumníkov v tejto oblasti. Materiál vyvinutý v E-CAM je dostupný online na adrese <https://training.e-cam2020.eu>.
- Koordinované multidisciplinárne diskusie na najvyššej úrovni zamerané na podporu priemyselných koncových používateľov (veľké nadnárodné spoločnosti aj malé a stredné podniky) pri používaní simulácií a modelovania.

4.1.4.6 *EoCoE*⁵⁵

V snahe urýchliť prechod na výrobu, skladovanie a riadenie čistej, dekarbonizovanej energie, Energeticky orientované centrum excelentnosti (EoCoE) ponúka neustále sa rozširujúcu sieť odborníkov na vysokovýkonnú výpočtovú techniku a na trvalo udržateľné energie z akademickej obce, priemyslu a verejného sektora. EoCoE je pevne uchytené v komunite HPC a zameriava sa na výskumné ústavy, kľúčových komerčných hráčov a malé a stredné podniky, ktoré vyvíjajú a umožňujú prevádzkovanie energeticky relevantných numerických modelov na exascale superpočítačoch, čo demonštruje ich výhody pre nízkouhlíkové energetické technológie, postavené na svetovom konzorciu 18 doplnkových partnerov zo 7 krajín, ktoré tvorí jedinečnú sieť odborných znalostí v oblasti energetiky, vedeckých výpočtov a HPC, vrátane 3 popredných európskych superpočítačových centier.

⁵³ [CompBioMed – A Centre of Excellence in Computational Biomedicine](#)

⁵⁴ [E-CAM – European HPC Centre of Excellence \(e-cam2020.eu\)](#)

⁵⁵ [EoCoE 2 – Energy Oriented Center of Excellence: toward exascale for energy](#)

4.1.4.7 ESiWACE⁵⁶

Predvídanie, zmierňovanie a prispôsobovanie sa klimatickým zmenám a ich vplyvom na ľudí a prírodné systémy je jednou z najväčších výziev 21. storočia. Spoľahlivé predpovedanie nielen klimatických zmien, ale aj počasia a extrémnych poveternostných udalostí v meniacej sa klíme vyžaduje novú generáciu efektívnych, optimalizovaných modelov počasia a klímy spúšťaných na exascale superpočítačoch. Cesta k exascale HPC predstavuje obrovské výzvy, pokiaľ ide o prenosnosť, škálovateľnosť a správu údajov, ktorým môžu len ťažko čeliť samostatné jednotlivé inštitúcie. Preto ich centrum excelentnosti Simulácie počasia a klímy (Simulations in Weather and Climate) spája a organizuje s cieľom:

- umožniť popredným európskym poveternostným a klimatickým modelom čo najskôr využiť výkon pre-exascale systémov s ohľadom na výpočtovú aj dátovú kapacitu,
- pripraviť komunitu počasia a klímy na využívanie exascale systémov.

4.1.4.8 EXCELLERAT⁵⁷

Centrum excelentnosti pre inžinierske aplikácie (Centre of Excellence for Engineering Applications) spája potrebnú európsku expertízu so širokým portfóliom služieb, čím pripravuje pôdu pre vývoj smerom k exascale HPC. EXCELLERAT bude založený na šiestich starostlivo vybraných referenčných aplikáciách (Nek5000, Alya, AVBP, Fluidity, FEniCS, Flucs), ktoré boli analyzované z hľadiska svojho potenciálu podporiť dosiahnutie exascale výkonu v HPC pre inžinierstvo. Sú teda sľubnými kandidátmi na spúšťanie na Exascale Demonstrators, Pre-Exascale Systems a Exascale Machines.

4.1.5 Prehľad prevádzkovania a služieb zariadení HPC

V rámci iniciatívy EuroHPC JU bolo financované vybudovanie viacerých zariadení HPC. Nižšie je popísané, kto a v akej role prevádzkuje vybrané superpočítače, aké služby ponúkajú a akým spôsobom zveľaďujú svoj ekosystém HPC.

4.1.5.1 KAROLINA, Česká republika⁵⁸

Superpočítač KAROLINA prevádzkuje a využívanie jeho služieb spravuje národné superpočítačové centrum IT4Innovations pri VŠB – Technická univerzita Ostrava. IT4Innovations realizuje aj výskumné aktivity v 5 výskumných laboratóriách:

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

⁵⁶ [Our world is warming, what are the implications ? — ESiWACE](#)

⁵⁷ <https://www.excellerat.eu>

⁵⁸ <https://www.it4i.cz/>

— Laboratoř pro big data analýzy.

IT4Innovations poskytuje aj školenia a podieľajú sa na vzdelávaní odborníkov v HPC, HPDA a AI v rámci doktorandského študijného programu Výpočetní vědy. Výpočtové služby pre výskum sú poskytované formou grantu, prostredníctvom výziev EuroHPC JU a prostredníctvom PRACE.

Služby pre komerčný sektor

- Výpočtovo náročné modelovanie a simulácia v priemysle
- Pokročilé dátové analýzy a simulácie
- Prenájom výpočtových prostriedkov
- Rendering a vizualizácia vedeckých dát
- Aplikácia v nanotechnológiách
- Kybernetická bezpečnosť a internet vecí
- Multiškálové a atomistické modelovanie materiálov

4.1.5.2 Deucalion, Portugalsko⁵⁹

Superpočítač Deucalion bude prevádzkovať Minho Advanced Computing Center (MACC). MACC prevádzkuje Vislab (vizualizačné laboratórium) a poskytuje školenia.

Výpočtové kapacity budú poskytované pre výskum, verejnú správu a komerčných klientov. Zdroje pre výskum budú poskytované prostredníctvom výziev Portuguese Advanced Computing Network (RNCA). Zdroje pre industry a verejný sektor budú poskytované prostredníctvom projektu EuroCC (<https://eurocc.fccn.pt/>). Projekt EuroCC je financovaný 50 % prostredníctvom Horizon 2020 (EuroHPC JU) a 50 % prostredníctvom národných programov financovania v rámci partnerských krajín.

Služby budú poskytovať sami, cez EuroHPC, PRACE a cez EuroCC.

4.1.5.3 MeluXina, Luxembursko

Superpočítač MeluXina prevádzkuje súkromná spoločnosť LuxProvide, ktorá je dcérskou spoločnosťou LuxConnect. LuxProvide poskytuje služby pre komerčné subjekty ([MeluXina access procedures - MeluXina User Documentation \(lpx.lu\)](#)), výskum a verejnú správu. Alokácie zdrojov (výpočtový čas, ukladanie dát) sú pridelené projektom na základe grantu, dohody, servisnej zmluvy alebo výzvy EuroHPC.

Príklady aplikácií⁶⁰:

- Personalizovaná obchodná podpora,
- Technická podpora expertov:

⁵⁹ <https://macc.fccn.pt/>

⁶⁰ <https://www.luxinnovation.lu/national-competence-centre-in-hpc/>

- štúdie uskutočniteľnosti,
- proof-of-concept,
- prenos technológií,
- prístup k infraštruktúre HPC, vrátane MeluXina HPC Luxemburskej univerzity,
- Školenia,
- Cezhraničná spolupráca s inými centrami v EÚ.
- Prostredníctvom Luxemburskej univerzity poskytujú prvý doktorandský program pre HPC v Európe.

4.1.5.4 *Discoverer, Bulharsko*⁶¹

Superpočítač Discoverer prevádzku PetaSC Bulgaria, právne konzorcium, zakladateľmi organizácie sú Sofia Tech Park, Národné centrum pre superpočítačové aplikácie a Strategické centrum pre umelú inteligenciu. PetaSC Bulgaria poskytuje služby HPC primárne publikum a max 20 % kapacity komerčne (rozdelené na 7 % for EuroHPC a 13 % for PetaSC) prostredníctvom výziev Peta SC a EuroHPC (<https://sofiatech.bg/wp-content/uploads/2021/09/discoverer-access-policy.pdf>).

Poskytované služby:

- Vedľajšie účinky nových liekov na objavovanie molekúl a polyfarmácie
- Predpovede skladania bielkovín
- Sekvenčná analýza
- Riešenie problémov s grafom a optimalizáciou
- Kvantová výpočtová technika

4.1.5.5 *Vega, Slovinsko*⁶²

Superpočítač Vega prevádzkuje The Institute of Information Science (IZUM), vyše 100 zamestnancov. Poskytuje služby HPC pre výskum a academy a školenia. Poskytujú služby napriamo cez výzvy EuroHPC.

Poskytované služby:

- Strojové učenie,
- Biomolekulové a materiálové simulácie
- Výskum materiálov (vrátane podpory pre masívne paralelné spúšťanie založené na GPU
- Nerovnovážna kvantová a štatistická fyzika
- Simulácie a analýzy dynamiky tekutín v reaktorovej fyzike a technológii

⁶¹ <https://sofiatech.bg/en/petascale-supercomputer/>

⁶² <https://doc.vega.izum.si/>

- Astrofyzika
- Bioinformatika (Megamerge, Metamos)
- Požiarňa dynamika a simulácie (FDS), dynamika tekutín s OpenFOAM
- Spracovanie medicínskych obrazov
- Satelitné snímky a spracovanie astronomických snímok

4.1.5.6 *LUMI, Fínsko* ⁶³

Superpočítač LUMI je prevádzkovaný konzorciom LUMI v dátovom centre CSC. Konzorcium založili krajiny Fínsko, Belgicko, Česká republika, Dánsko, Estónsko, Island, Nórsko, Poľsko, Švédsko a Švajčiarsko. Polovica výpočtovej kapacity patrí EuroHPC JU a polovica patrí jednotlivým krajinám konzorcia LUMI podľa toho, ako do riešenia investovali. EuroHPC kapacita bude alokovaná na základe „peer-review“ procesu, 20 % z EuroHPC kapacity bude dostupných pre priemysel a malé a stredné podniky. Krajiny konzorcia budú prerozdeľovať zvyšných 50 % kapacity.

Kapacitu dostupnú pre komerčný sektor (20 % z kapacity pre EuroHPC) bude možné využiť zdarma v prípade publikovania výsledkov, či v rámci projektu vo výskume alebo zakúpením.

4.1.5.7 *LEONARDO, Taliansko*

Superpočítač LEONARDO bude prevádzkovať neziskové konzorcium CINECA zložené zo 69 talianskych univerzít, 33 inštitúcií a taktiež sa v ňom podieľajú tieto krajiny Grécko, Maďarsko, Rakúsko, Slovensko a Slovinsko.

Polovica výpočtovej kapacity patrí EuroHPC JU (z toho 20 % je dostupných komerčne pre priemysel a malé a stredné podniky). Druhá polovica kapacity je dostupná cez nasledovné kanály:

- ISCRA – výskumné projekty
- PRACE – európsky level – výskumné projekty
- HPC-Europa3 – európsky level – výskumné projekty
- ICEI – európsky level – data management
- DICE – podpora „otvorenej vedy“

4.1.5.8 *MareNostrum, Španielsko* ⁶⁴

HPC prevádzkuje verejné výskumné centrum Barcelona Supercomputing Center (BSC). Okrem prevádzkovania HPC sa BSC venuje aj samotnému výskumu a vývoju

⁶³ [About LUMI - LUMI \(lumi-supercomputer.eu\)](#)

⁶⁴ [MareNostrum | BSC-CNS](#)

v rôznych oblastiach. MareNostrum 4 je spolufinancovaný Európskym fondom regionálneho rozvoja (ERDF) prostredníctvom Programa Operativo Crecimiento Inteligente FEDER 2014-2020. V spolupráci s EuroHPC JU začalo BSC v tomto roku budovať MareNostrum 5⁶⁵.

Z celkovej kapacity je pre externých používateľov ponúkaných 80 %. Kapacita je dostupná cez Spanish Supercomputing Network (Red Española de Supercomputación, RES) a cez európsky kanál PRACE. Kapacity sú dostupné pre neziskové a výskumné účely. Kapacity poskytované cez PRACE sú čiastočne dostupné pre komerčné využitie.

4.1.5.9 Poskytovanie služieb a personálne kapacity

Prehľad prevádzkovateľov jednotlivých centier HPC, sprostredkovateľov, prostredníctvom ktorých poskytujú kapacitu HPC a segmentov koncových používateľov je uvedený v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 15: Prehľad podmienok prevádzkovania zariadení HPC

Prevádzkovateľ		Sprostredkovateľ	Používatelia ⁶⁶
KAROLINA, ČR	Academic	EuroHPC, PRACE	R/P/I
VEGA, SI	Gov	IZUM EuroHPC	R
MELUXINA, LU	Súkromná spoločnosť	STP EuroHPC	R/P/I
DISCOVERER, BG	Konzorcium	PetaSC EuroHPC	R/P/I (20 %)
DEUCALION, PT	Gov	Google Cloud Platform EuroHPC PRACE	R/P/I
LUMI, FI	Gov	EuroHPC PRACE	R/P/I (20 %)
LEONARDO, IT	Konzorcium	EuroHPC ISCRA PRACE HPC-Europa3 ICEI DICE	R/P/I (20 %)
MareNostrum, SP	Konzorcium	RES PRACE	R/I (len R&D)

V nasledujúcej tabuľke sú uvedené priemerné počty zamestnancov centier HPC určených na technickú podporu IKT, podporu koncových používateľ a podporu ekosystému HPC.

⁶⁵ [MareNostrum5: a new EuroHPC world-class supercomputer in Spain \(europa.eu\)](https://europa.eu/europa/en/marenostrum5)

⁶⁶ R – veda a výskum, P – verejná správa, I – komerčný sektor

Tabuľka 16: Prehľad počtu zamestnancov v centrách HPC

Počet zamestnancov v centrách HPC			
Zariadenie HPC	Technická podpora (prevádzka hardware + software)	Klientska podpora (pomoc s aplikáciami, konzultácie, manažment)	Ekosystém (osвета, R&D, experti, podpora uni, MSP a OVM)
Vega – Slovinsko	10 FTE	15 FTE	100+ FTE
Meluxina – Luxembursko	10 FTE	10 FTE	600+ FTE
Leonardo – Taliansko (údaje pre 3 superpočítače v DC)	45 FTE	55 FTE	N/A
Karolína – Česká republika*	17 FTE	31 FTE	100+ FTE

4.1.6 Fungujúce ekosystémy HPC v iných krajinách

4.1.6.1 Španielsko

O rozvoj španielskeho ekosystému HPC sa stará najmä BSC⁶⁷ (Barcelona Supercomputing Centre). O rozhodnosti prístupu Španielska k podpore ekosystému HPC hovorí už samotný počet zamestnancov BSC - 800 zamestnancov. Toto národné superpočítačové kompetenčné centrum:

- Prevádzkuje infraštruktúru HPC,
- Poskytuje podporu pri používaní HPC,
- podporuje vedu a výskum v HPC oblasti,
- Organizuje vzdelávacie programy, workshopy, výskumné projekty a prispieva nielen ku všeobecnému povedomiu o prínosoch HPC, ale aj k špecifickej schopnosti tieto služby využiť v praxi,
- Koordinuje a využíva spoluprácu s viacerými európskymi sprostredkovateľmi zameranými na špecifické cieľové odvetvia.

BSC je prioritne financované zo španielskeho verejného rozpočtu, z viacerých EÚ zdrojov a v malej miere aj z predaja kapacity.

Súčasťou španielskeho ekosystému HPC je aj LOCA (Laboratory for Open Computer Architecture). LOCA je kolaboratívnym priestorom pre spoločnosti, nadácie a akademické inštitúcie, ktoré zdieľajú víziu, že je nevyhnutné vytvárať otvorené prostredie na dosiahnutie transparentnosti, konkurencieschopnosti a technologickej sebestačnosti.⁶⁸ Je to mechanizmus, ktorého cieľom je posúvať globálnu akademickú a priemyselnú spoluprácu.

Ako praktickú ukážku nástroja na rozvoj ekosystému môžeme použiť projekt QuantumSpain. Projekt prepája 25 univerzít a HPC centier v 14 rôznych lokalitách Španielska. Jeho prioritou je vytvoriť HPC ekosystém a prilákať do Španielka talenty a expertov v oblasti HPC. Zahŕňa vzdelávací program pre potenciálnych používateľov

⁶⁷ <https://www.bsc.es/sites/default/files/public/annualReports/BSC-summary-2021.pdf>

⁶⁸ <https://www.bsc.es/news/bsc-news/bsc-returns-the-isc-its-first-person-isc-conference-the-pandemic>

kvantovej HPC technológie. Tento projekt slúži aj ako príprava ekosystému pre plánované nasadenie prvého kvantového superpočítača v Španielsku koncom roka 2022.

4.1.6.2 *Luxembursko*

Ďalším príkladom úspešného prístupu k rozvoju ekosystému HPC je rozhodne Luxembursko. Členmi Národného kompetenčného centra Luxembourg National Competence Centre (HPC) sú Luxinnovation, University of Luxembourg a LuxProvide⁶⁹ a na aktivitách podpory ekosystému v spolupráci s európskymi sprostredkovateľmi a centrami excelentnosti sa podieľa celkovo viac ako 800 ľudí.

- LuxProvide spustilo výzvu pre súkromné spoločnosti, ktoré majú možnosť realizovať svoje projekty a experimenty a použiť ich softvér na HPC infraštruktúre zdarma.⁷⁰ Veľké a stredné spoločnosti a akademické inštitúcie podali celkovo 38 žiadostí a pilotné projekty boli spúšťané koncom roka 2021.
- Luxinnovation spoločne s luxemburským ministerstvom financií manažuje úspešný startup akceleračný Fit 4 Start. Výzva je otvorená pre startupy z Luxemburska a zahraničia a poskytuje tréningy na mieru, podporu, granty do výšky 150 000 EUR a prístup do výskumného inkubátora.
- Luxemburská univerzita vytvorila doktorandský program zameraný výhradne na HPC. Okrem toho koordinuje program EUMaster4HPC financovaný cez EuroHPC JU s cieľom implementovať prvý magisterský vzdelávací program v oblasti HPC.

Rovnako ako španielske BSC, aj luxemburské národné kompetenčné centrum je financované z verejného rozpočtu, z viacerých EÚ zdrojov a v malej miere aj z predaja kapacity.

4.1.6.3 *Japonsko*⁷¹

HPC Fugaku je umiestnený a prevádzkovaný v RIKEN Center for Computational Science. RIKEN je financovaný japonskou vládou a zamestnáva približne 3 000 vedcov. Tento HPC má špeciálne vyvinutý čip, ktorého vývoj trval 10 rokov a náklady na jeho vývoj sa vyšplhali takmer na 1 miliardu EUR.

Výskumné HPC centrum v Kobe je súčasťou výskumnej inštitúcie RIKEN. HPC centrum má za cieľ rozvíjať HPC technológie v krajine a prepájať národné a medzinárodné inštitúcie – priemysel, univerzity, výskumné organizácie. Sústreďuje sa na rozvoj ľudského kapitálu v oblasti HPC, organizuje eventy pre študentov a mladých vedcov, stáže, workshopy, univerzitný magisterský program. Pri rozvoji ekosystému využíva národnú a celosvetovú spoluprácu rôznymi inštitúciami. Do spolupráce je

⁶⁹<https://www.luxinnovation.lu/about-luxinnovation/>

⁷⁰<https://www.startupluxembourg.com/fit-4-start-edition-12-selected-startups>

⁷¹<https://www.r-ccs.riken.jp/en/>

zapojených 91 univerzít a vedeckých inštitúcií (z toho je 14 zahraničných) a centrum má podpísané zmluvy na výskum s 55 inštitúciami (z toho je 24 zahraničných).

4.1.6.4 Spoločné znaky fungujúcich ekosystémov

Na základe skúseností zo Španielska, Luxemburska a Japonska je zjavné, že inštalácia infraštruktúry HPC a jej prevádzkovanie v režime vysokej dostupnosti je síce nevyhnutnou, ale zďaleka nie postačujúcou podmienkou návratnosti investície do HPC. Úspešné vybudovanie a životaschopnosť ekosystému HPC ďaleko presahuje hranice technickej a používateľskej podpory. Je potrebné aktívne priťahovať záujem o služby HPC a vytvoriť dopyt v reálnom, každodennom svete mimo vysoko špecializované IT. Skúsenosti úspešných krajín môžeme pretaviť do niekoľkých záverov:

- 1 Nevyhnutnosťou je vytvoriť **funkčné prepojenie verejného, súkromného a akademického sektora**. Izolované využívanie v rámci skupiny, ktorá už je stabilným používateľom služieb, znemožňuje šírenie povedomia o prínosoch a limituje prakticky neobmedzené možnosti, ktorými môže HPC prispieť k posilneniu ekonomiky a dosiahnutiu spoločenských benefitov s dopadom na celé obyvateľstvo.
- 2 Cesta k úspechu a návratnosti investície je dláždená **cielenou kolaboráciou**. Kľúčovými bodmi je podpora výskumných projektov, poskytovanie osvetly, podpory a workshopov a vytvorenie priestoru, ktorý podporuje otvorenú spoluprácu.
- 3 Výraznou pomocou je **vytváranie partnerstiev** s univerzitami a vedeckými inštitúciami, ktoré sú prirodzeným konzumentom služieb HPC. Vysokovýkonné výpočty umožňujú skrátiť čas nevyhnutný na analýzu údajov, generovať komplexné modely, využívať možnosti umelej inteligencie.
- 4 Vybudovanie ekosystému vyžaduje **cielené a dobre organizované úsilie s množstvom pracovnej sily** a schopnosťou komunikovať s cieľovými poslucháčmi mimo sveta IT. Dôležité je nachádzať príklady využitia HPC a jeho prínosov v reálnom živote pre verejnú správu, pre malé a stredné firmy, pre mestá a ich občanov. Výrazne pomáha **spolupráca so sprostredkovateľmi**, ktorí sa zameriavajú na konkrétne cieľové odvetvia.
- 5 Budúcnosťou ekosystému je výchova a generovanie nových talentov a budúcich špecialistov. Okrem poskytovania školení je dôležité spolupracovať s akademickým sektorom pri **vytváraní nových študijných programov** zameraných na HPC.
- 6 Financovanie tvorby ekosystému je z veľkej miery zabezpečené z verejných zdrojov, rôznych fondov a medzinárodných projektov. **Výnosy z predaja služieb a kapacity sú zanedbateľné** a všetky úspešné krajiny sa zamerali na sekundárne ekonomické a spoločenské prínosy, ktoré je možné dosiahnuť len prostredníctvom ekosystému. Možnosť pochváliť sa najvýkonnejším počítačom v regióne alebo na svete je lákavá, ale bez ekosystému, ktorý pomôže transformovať vysoký výkon IKT do reálnych objavov, zlepšení a prínosov, sa z neho stane investícia, ktorá okamžite začne strácať na hodnote.

4.1.7 Verejné zdroje financovania európskych projektov

Pri financovaní verejných zariadení HPC z verejných zdrojov prevádzkovateľ zariadenia primárne využíva prostriedky zo štátneho rozpočtu. Tieto však nie sú jediným možným zdrojom financovania. Keďže podpora implementácie a využívania HPC je jednou z priorít EÚ, v rámci Európy je k dispozícii viacero iniciatív na podporu vytvárania pre-exascale a exascale superpočítačov. Tieto iniciatívy sú popísané vyššie v časti Sprostredkovatelia služieb HPC.

4.1.8 Financovanie komerčných projektov

Komerčným projektom nazývame ponuku služieb od organizácie / spoločnosti, ktorá predáva HPC kapacity primárne súkromným subjektom a teda business model je nastavený tak, aby bol projekt v čo najväčšej miere samofinancovateľný. Pri komerčných HPC sa častejšie stretávame s cloud architektúrou a „HPC as a service“ modelom.⁷² Spoločnosti ako IBM, Amazon Web Services, Microsoft Azure, Hewlett Packard Enterprise (HPE), Penguin Computing on Demand a Google Cloud Platform ponúkajú využívanie cloud infraštruktúry a nadväzujúce služby.⁷³

Pri komerčných HPC službách je tiež viditeľná výrazná snaha priblížiť sa koncovému používateľovi prehľadným vysvetlením štruktúry služieb, rôznych možností pre klienta a taktiež jednoduchým HPC rozhraním - zákazníkom je umožnené pripojiť svoje simulácie napríklad cez webový prehliadač.⁷⁴ Komerčné služby sú často sprístupnené na odskúšanie aj vo forme trial verzie.⁷⁵

Cieľovou skupinou pre predaj služieb sú spravidla veľké a stredne veľké súkromné spoločnosti. Typické úlohy, ktoré tieto firmy riešia pomocou HPC, pochádzajú z oblastí ako automobilový priemysel, výroba, medicína, financie. Tržby pochádzajú z predaja strojového času a portfólia ďalších služieb súvisiacich s HPC, AI a machine learning aplikáciami, či už formou priameho nákupu kapacity alebo nákupu kreditov.

4.2 Business model infraštruktúr financovaných z verejných zdrojov

Verejné centrá HPC zvyčajne poskytujú komerčným klientom tri rôzne typy modelov služieb⁷⁶. Modely poskytovania služieb sú závislé na role, ktorú má poskytovateľ služby v prevádzke HPC. Prevádzku verejných centier HPC a poskytovanie ich služieb klientom zvyčajne zabezpečujú dva alebo tri subjekty, ktoré rozlišujeme v závislosti na aktivitách, ktoré vykonávajú a na tom, aké služby sú schopné poskytnúť odberateľom služieb HPC.

⁷² <https://azure.microsoft.com/en-us/solutions/high-performance-computing/#intro>

⁷³ <https://venturebeat.com/2022/01/20/what-is-hpc-as-a-service-and-why-does-it-matter/>

⁷⁴ <https://www.numeca.com/hpc-cloud-solutions>

⁷⁶ Financing the future of supercomputing: How to increase investments in high performance computing in Europe, zdroj: European Investment Bank, <https://www.eib.org/en/publications/financing-the-future-of-supercomputing>

Housing

Prvým subjektom je poskytovateľ fyzického umiestnenia samotnej infraštruktúry (housing). Poskytuje služby fyzickej starostlivosti o infraštruktúru a môže (ale nemusí) poskytovať prístup k službám HPC. Jeho úlohou je zabezpečiť fungovanie fyzickej infraštruktúry a jej dostupnosť. Príkladom je LuxConnect, v ktorom je umiestnený superpočítač MELUXINA.

Prevádzkovateľ infraštruktúry

Prevádzkovateľom infraštruktúry je organizácia, ktorá infraštruktúru spravuje vzdialene alebo vo fyzickej lokalite jej umiestnenia. Úlohou prevádzkovateľa je spravovať prístupové rozhrania, prerozdeľovať zdroje HPC a poskytovať služby HPC na základe jednoznačných požiadaviek odberateľov (napríklad požiadavka na spracovanie veľkého množstva údajov alebo požiadavka na modelovanie alebo vizuálne simulácie). Vo viacerých prípadoch prevádzkovateľ spravuje aj tzv. laboratória, ktoré poskytujú špecializované služby HPC. Príkladom je IT4Innovation, ktoré prevádzkuje superpočítač KAROLINA v Ostrave a na poskytovaní služieb používateľom sa podieľa päť výskumných laboratórií:

- Laboratórium pre náročné dátové analýzy a simulácie,
- Laboratórium pre výskum infraštruktúry,
- Laboratórium vývoja paralelných algoritmov,
- Laboratórium modelovania pre nanotechnologie,
- Laboratórium pre big data analýzy.

Prevádzkovateľ zvyčajne poskytuje služby HPC len pre výskumné a akademické inštitúcie. Súčasťou jeho služieb sú aj školenia HPC.

Sprostredkovateľ

Sprostredkovateľ je zvyčajne samostatná organizácia, ktorá vytvára prepojenie medzi prevádzkovateľom a odberateľom, sprostredkúva čerpanie služieb HPC a poskytuje doplnkové expertné služby. Sprostredkovateľ môže poskytovať služby verejným akademickým a výskumným organizáciám, ale jeho dôležitou pridanou hodnotou je komunikácia s komerčnými odberateľmi, či už s výskumnými organizáciami (R&D) alebo s MSP. Príkladom je LuxInnovations, ktorá v Luxemburgu poskytuje SME pri využívaní HPC služby:

- personalizovaná obchodná podpora,
- identifikácia potreby HPC a jej špecifikácia,
- technická podpora expertov (štúdie uskutočniteľnosti, proof-of-concept, prenos technológie...).

Informácie o modeloch prevádzky a poskytovania služieb jednotlivých zariadení HPC budovaných v spolupráci s EuroHPC sú uvedené v tabuľke nižšie.

Tabuľka 17: Business modely zariadení HPC (EuroHPC JU)

Názov a krajina	Hosting	Prevádzkovateľ	Sprostredkovateľ	Odberatelia
KAROLINA Česká republika	NCC (IT4Innovation)	IT4Innovations	EuroHPC PRACE NCC	Výskum
VEGA Slovinsko	IZUM (The Institute of Information Science)	IZUM	EuroHPC	Výskum
MELUXINA Luxembursko	LuxConnect dátové centrum	LuxProvide	EuroHPC Luxemburská univerzita Luxinnovation	Výskum R&D MSP
DISCOVERER Bulharsko	Sofia Tech Park dátové centrum	PetaSC	EuroHPC Národné centrum pre superpočítačové aplikácie Strategické centrum pre umelú inteligenciu	Výskum
DEUCALION Portugalsko	MACC (Minho Advanced Computing Center)	MACC	EuroHPC PRACE RNCA (Portuguese Advanced Computing Network)	Výskum
LUMI Fínsko	Dátové centrum CSC	Konzorcium krajín	EuroHPC	Výskum R&D MSP
LEONARDO Taliansko	CINECA (konzorcium 69 organizácií)	CINECA	EuroHPC, ISCRA, PRACE, ICEI, DICE	MSP

Môžeme teda konštatovať, že business modely posudzovaných zariadení HPC môžeme rozdeliť do dvoch skupín. Prvá skupina využíva model, na základe ktorého sú kapacity poskytované prioritne na nekomerčné účely. Svoje služby HPC poskytujú formou grantových výziev, žiadosti posudzuje peer-to-peer komisia. Služby sú poskytované bezplatne a ich účelom je podporiť vedu a výskum. Druhá skupina funguje na modeli, ktorého koncovými klientmi sú nielen verejné výskumné inštitúcie, ale aj súkromné centrá R&D a MSP. V prípade komerčného poskytovania sú služby poskytované za aktuálne trhové ceny. Komerčný predaj však nepresahuje 20 % rozsahu poskytovaných služieb.

4.3 Súčasný stav využívania HPC na Slovensku

HPC zariadenia

Poslednou investíciou do verejne prístupnej HPC infraštruktúry na Slovensku bol projekt SIVVP⁷⁷, v rámci ktorého boli partnermi a zároveň hositeľskými inštitúciami obstaraných systémov:

- Výpočtové stredisko SAV v Bratislave (Aurel) a detašované pracovisko VS SAV v Žiline,
- Ústav informatiky SAV,
- Žilinská univerzita v Žiline,
- Slovenská technická univerzita v Bratislave,
- Technická univerzita v Košiciach,
- Ústav experimentálnej fyziky SAV v Košiciach (systém administruje VS SAV).

Všetky HPC systémy obstarané v rámci projektu SIVVP (2012, 2015) sú zastarané⁷⁸ a vlajková loď projektu superpočítač Aurel je od roku 2021 vypnutý.

V roku 2022 Centrum spoločných činností SAV obstaralo v rámci národného projektu nový superpočítač s názvom Devana, ktorý bude mať výkon približne 800 TFLOPS. Projekt je financovaný z Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pod číslom 311071AKF20 v rámci výzvy OPII-2020/7/55-NP. Uvedenie do prevádzky v priestoroch Výpočtového strediska SAV v Bratislave sa očakáva pred koncom roka 2022⁷⁹.

Využívanie kapacity

Výpočtová kapacita bola poskytovaná bezplatne slovenským verejným akademickým inštitúciám a organizáciám verejnej správy. Podľa pripravovanej politiky prístupu žiadosti o alokáciu výpočtových kapacít bude posudzovať nezávislá odborná komisia formou peer-review. Výpočtové prostriedky budú prístupné aj súkromným spoločnostiam buď v rámci samostatných výziev alebo cez Národné kompetenčné centrum pre HPC a časť kapacity bude poskytovaná aj komerčne. Používatelia budú mať k dispozícii portál pre podávanie a správu projektov (zatiaľ register.sivvp.sk).

Pri pohľade na štatistiky využívania kapacít v roku 2020 vidíme, že najvýraznejšími používateľmi z pohľadu spustených úloh boli napríklad Materiálovo-technologická fakulta STU, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK, Prírodovedecká fakulta UK, Fyzikálny ústav SAV.⁸⁰

⁷⁷ <http://sivvp.sk/>

⁷⁸ Štúdia uskutočniteľnosti Možnosti vzniku národného superpočítačového kompetenčného centra v podmienkach SR, <https://www.mirri.gov.sk/sekcie/informatizacia/digitalne-inovacie/superpocitace/index.html>

⁷⁹ <https://eurocc.nssc.sk/slovensko-bude-mat-novy-superpocitac-este-tento-rok/>

⁸⁰ https://vs.sav.sk/?section=departments&sub=vvt&sub2=stat#tooltip_action9

Prevádzkový model

Všetkým žiadateľom o prístup k výpočtovým prostriedkom je tento poskytovaný bezplatne s výnimkou komerčných spoluprác. Používateľ môže dobrovoľne uhradiť časť nákladov na spotrebovaný strojový čas (napr. použitím grantových prostriedkov na to určených), pričom jeho výpočtové úlohy týmto získavajú prioritu v poradí.

Zamestnanci

Vo Výpočtovom stredisku SAV sa v súčasnosti venuje problematike HPC približne 14 zamestnancov. Aktivita zahŕňajú prevádzku HPC, vývoj HPC aplikácií, správu IS a ďalšie podporné a administratívne činnosti nie priamo súvisiace s technickou prevádzkou HPC. VS SAV je hostiteľskou inštitúciou Národného kompetenčného centra pre HPC.

Národné kompetenčné centrum (NCC)

NCC je súčasťou projektu EuroCC, ktorý je tvorený sieťou 33 národných kompetenčných centier pre HPC v Európe. Tím expertov NCC poskytuje konzultácie o možnostiach nasadenia HPC technológií, prípadne navrhuje a pomáha pri implementácii pilotných riešení a pri migrácii existujúcich riešení. NCC sprostredkúva partnerstvá medzi akademickou sférou, štátnym a privátnym sektorom. Funguje ako „one stop shop“ pre nasadenie vysokovýkonných výpočtov vo výskume, vývoji alebo vo výrobnom procese. Poskytuje školenia v oblasti HPC, ako aj konzultácie a poradenstvo v rámci bezplatných „test before invest“ služieb.

4.4 Implikácie pre Slovensko

Na základe analyzovaných informácií o budovaní a prevádzke zariadení HPC v Európe sa núkajú úvahy o možných implikáciách pre podobný projekt na Slovensku.

Fázovanie výkonu: cieľom Európskej únie je podporiť posun EÚ na popredné miesta v rebríčkoch HPC na svete a vďaka tomu podporiť samostatnosť EÚ a znížiť závislosť EÚ na zdrojoch HPC krajín mimo EÚ. Preto dáva zmysel snažiť sa vybudovať čo najvýkonnejšiu infraštruktúru. To však môže vyvolať pokušenie snažiť sa vybudovať HPC, ktoré bude výkonovo spadať medzi exascale zariadenia a umiestni sa na vrcholoch aktuálneho rebríčka výkonnosti. Príklady ostatných HPC centier ukazujú, že vždy pristupovali k budovaniu inkrementálne, teda nadobudli vysokovýkonné zariadenia postupne a najmä dbali na neustálu aktualizáciu v zmysle rýchlo sa rozvíjajúcich a sprístupňovaných technológií. V každom centre je zreteľne vidieť typické vzorce, keď zastarávajúci počítač je nahradený moderným avšak ich životné cykly sa prekrývajú, čo zabezpečuje kontinuitu.

Zelená ekonomika: nakoľko Európska komisia prijala súbor návrhov zameraných na zníženie čistých emisií skleníkových plynov a minimalizáciu uhlíkovej stopy, je potrebné pri návrhu a budovaní zariadenia HPC brať do úvahy aj aspekt energetickej efektívnosti a minimalizácie uhlíkovej stopy. Hoci súčasťou cieľov projektu v rámci POO je energetická efektívnosť vyjadrená ambíciou umiestnenia v Top10 rebríčka

Green500, ako už bolo spomínané vyššie, k umiestneniam v rámci tohto rebríčka treba pristupovať opatrne a zamerať sa viac na skutočnú energetickú efektívnosť celej infraštruktúry a investovať do zelených technológií, ktoré nesúvisia bezprostredne so samotným superpočítačom (napr. vybudovanie infraštruktúry obnoviteľných zdrojov energie, pokrývajúcej aspoň časť spotreby HPC centra).

Business model: treba vziať do úvahy priority zriaďovateľa a ciele, ktoré definujú parametre úspešnosti. Pri jeho definovaní bude nevyhnutné odpovedať na nasledujúce otázky:

- 1 Čo je cieľom alebo cieľmi, ktoré má dosiahnuť vybudovanie zariadenia HPC? Je nevyhnutné definovať, či očakávaným cieľom je výhradne podpora výskumu a vývoja, alebo aj podpora malého stredného podnikania v Slovenskej republike.
- 2 Aké budú merateľné kritériá úspešnosti projektu? Na základe definovaných merateľných kritérií bude potrebné navrhnúť business model tak, aby bolo možné tieto kritériá sledovať.
- 3 Ako bude financovaná prevádzka zariadenia HPC?
- 4 Aký bude distribučný model poskytovaných služieb HPC?
- 5 Má prevádzkovateľ k dispozícii vhodné priestory na prevádzkovanie súčasnej a najmä očakávanej infraštruktúry HPC alebo použije služby housingu v inej lokalite?

Odpovede na tieto otázky majú priamo dopad na definovanie business modelu HPC. Na základe odpovedí na vyššie uvedené otázky budú definovaní členovia hodnotového reťazca a ich roly.

Prevádzkovateľom HPC nemusí byť organizácia, ktorá bude fyzicky spravovať infraštruktúru HPC. Výber prevádzkovateľa by nemal byť daný tým, či má vhodnú lokalitu a vhodné priestory na umiestnenie infraštruktúry, ale či má skúsenosti a schopnosti na prevádzkovanie HPC prostredia a distribúciu služieb.

Sprostredkovateľom služieb HPC môže byť aj samotný prevádzkovateľ, ale aj prevzatie tejto roly závisí na jeho schopnostiach a kapacitných možnostiach. Budovanie ekosystému a komunikácia s používateľmi HPC bude mať priamy dopad na úspešnosť projektu bez ohľadu na to, ako budú definované jeho merateľné ukazovatele. Je dobré mať viacero sprostredkovateľov (teda ekosystém), ktorí budú vynikať špecifickou expertízou a zameraním na rozdielne cieľové skupiny používateľov, aby bol dosiahnutý čo najširší dosah.

Dopyt verejného sektora po HPC službách: v tomto prípade nejde o dopyt vedeckých a výskumných organizácií (univerzity, ústavy SAV a pod.), hovoríme o orgánoch štátnej a verejnej správy, ktoré sa prirodzene zaoberajú skôr „priamočiarým“ transakčným spracovaním množstva dát, čo zdanlivo priamo nevyžaduje HPC infraštruktúru. V tomto prípade sa treba zamerať na špecializované útvary či podriadené organizácie, ktorých úlohou je analytická či modelovacia činnosť a cielene s nimi vytvoriť partnerstvá zamerané na rýchle využitie možností HPC. Podľa príkladov zo zahraničia hovoríme napr. o oblasti životného prostredia (SHMÚ ako najzrejmejší ale zďaleka nie jediný kandidát), dopravy, územného plánovania (napr.

Metropolitný inštitút Bratislavy) a pod. Synergia s disciplínou Big Data a nutnosť jej paralelného rozvoja je tu zrejmá.

Zvyšovanie záujmu o HPC služby v súkromnom sektore: pri pohľade na existujúce HPC centrá a ich business modely vidíme viacero stratégií, ktorých cieľom je zvýšiť záujem o HPC služby v radoch súkromných spoločností. Prevádzkovatelia vyvíjajú aktivity na lepšie pochopenie potrieb potenciálnych používateľov. Sú poskytované tréningy a kurzy v oblasti HPC / AI pre súkromné firmy, aby títo zamestnanci zvýšením svojich vedomostí boli schopní lepšie využiť potenciál HPC služieb.

Momentálne najvýkonnejší HPC Fugaku (Japonsko) od spoločnosti Fujitsu zvyšuje v roku 2022 svoju dostupnosť pre komerčný sektor zavedením tzv. „Computing as a Service“ modelu, vďaka ktorému budú mať spoločnosti možnosť pristupovať k HPC službám prostredníctvom public cloudu.⁸¹

Okrem zabezpečovania prevádzky HPC (stability, bezpečnosti a výkonu), prináša dobré výsledky aj pokročilá podpora klientov počas ich využívania HPC kapacity, tak aby používateľ mohol HPC služby využiť čo najefektívnejšie. Do tejto sféry podpory spadajú aj consulting a zlepšovanie klientskych aplikácií, ktoré potom prinášajú lepšie výsledky.⁸²

Pre situáciu na Slovensku môžeme odvodiť paralely napríklad s programom podpory malého a stredného podnikania v gescii SBA resp. Národného podnikateľského centra. Projekty / voucherové schémy ako Dlhodobé individuálne poradenstvo, Firemný audit a pod. sa môžu stať inšpiráciou pre dizajn podobných schém podporujúcich MSP pri adopcii HPC.

Implikácie pre Plán obnovy a odolnosti (POO)

POO uvádza v rámci komponentu 17 - Digitálne Slovensko nasledujúci cieľ: „Vybudovanie a prevádzka energeticky efektívneho superpočítača Národného superpočítačového centra („National SuperComputing Centre“, NSCC) s ambíciou umiestniť sa v prvej desiatke svetového rebríčka superpočítačov zoznamu TOP500 superpočítačov z hľadiska energetickej účinnosti („Green 500“), pričom tento bude založený na európskych technológiách, čím sa posilní technologická suverénita EÚ. Jeho vybudovaním zároveň zásadne stúpne záujem subjektov na trhu využívať jeho služby a bude stimulované vytváranie ďalšej siete technologických spoločností v oblasti polovodičov. Tento superpočítač bude poskytovať služby pre minimálne 150 subjektov do roku 2024. Superpočítač bude poskytovať výpočtový výkon v rámci Spoločného podniku pre európsku vysokovýkonnú výpočtovú techniku („European High-Performance Computing Joint Undertaking“, EuroHPC) pre záujemcov zo zúčastnených štátov.“

V POO je ako kvalitatívny ukazovateľ tohto projektu stanovené „Uvedenie superpočítača do prevádzky a predloženie odovzdávacieho listu“ a termín splnenia

⁸¹ <https://insidehpc.com/2022/04/fujitsu-launches-computing-as-a-service-for-hpc-and-ai/>

⁸² <https://www.bsc.es/marenostrum/marenostrum>

tohto ukazovateľa je štvrtý štvrťrok 2024. Vyššie uvedené ciele pre účely ďalšieho textu označujeme takto:

- 1 Integrovaná architektúra: použitie architektúry s integrovaným CPU a GPU na jednom čipe,
- 2 Energetická účinnosť: umiestnenie v prvej desiatke svetového rebríčka energeticky účinných superpočítačov „Green 500“⁸³,
- 3 Európske technológie: superpočítač bude založený na európskych technológiách, čím sa posilní technologická suverenita EÚ,
- 4 Poskytovanie služieb: poskytovať služby pre minimálne 150 subjektov do roku 2024,
- 5 Účasť v EuroHPC: poskytovať výpočtový výkon v rámci Spoločného podniku pre európsku vysokovýkonnú výpočtovú techniku (EuroHPC) pre záujemcov zo zúčastnených štátov.

Počas prípravy tejto štúdie prebiehali intenzívne diskusie so zadávateľom a CSČ SAV, ktoré mali za cieľ odvodiť presnejšie smerovanie HPC iniciatívy z priebežne získavaných poznatkov o medzinárodných skúsenostiach. Tieto diskusie vyústili do formulácie strategických priorít a cieľov iniciatívy, ktoré sú založené na snahe zdôrazniť dlhodobú udržateľnosť. Nasledujúce **spresnené priority** boli schválené riadiacim výborom projektu, ich základom je zelený element vyjadrený racionalizovanou požiadavkou na energetickú efektívnosť (vychádzajúci so znenia POO), dôraz na dlhodobú udržateľnosť a posilnenie digitálneho elementu so zacielením na malé a stredné podniky (MSP).

Zabezpečíme dlhodobú udržateľnosť prevádzky

- Zminimalizujeme prevádzkové náklady (kompromis medzi výkonom a spotrebou, používanie OZE)
- Pokryjeme dlhodobé náklady na prevádzku (infraštruktúra, personál) zo ŠR resp. verejných zdrojov
- Budeme financovať pravidelný upgrade infraštruktúry zo ŠR resp. verejných zdrojov

Vybudujeme robustný HPC ekosystém

- Zostavíme a udržíme silný tím expertnej podpory používateľov
- Vytvoríme kapacity na rozvoj HPC v SR (osвета, marketing, produktový manažment v rámci NSCC)

⁸³ <https://www.top500.org/lists/green500/>

- Vybudujeme výkonnú sieť sprostredkovateľov (napr. ECDI, univerzity)

Zjednotíme akademickú obec k spolupráci na digitalizácii

- Podporíme vznik HPC sprostredkovateľov na univerzitách (Centers of Excellence)
- Podporíme vznik nových študijných odborov (s priamou väzbou na HPC)
- Podporíme vývoj aplikačného softvéru na univerzitách

Rozvoj podpory MSP

- Rozbehneme osvetovú činnosť (propagácia, inkubátory...)
- Zabezpečíme synergiu s fin. schémami MH SR na podporu využitia HPC pre malé a stredné podniky (MSP)

Staneme sa regionálnym lídrom HPC aktivít

- Iniciujeme a povedieme regionálne konzorcium HPC (združenie investícií, lokalizácia na Slovensku)
- Povedieme regionálne podporné programy (osveta, vzdelávanie, podpora)

4.5 Možné príjmy z využívania NSCC

Pri pohľade na možné príjmy z využívania NSCC berieme do úvahy to, že tak Národné superpočítačové centrum ako aj Národné kompetenčné centrum majú značné skúsenosti s poskytovaním služieb HPC a s poskytovaním podporných služieb nevyhnutných na podporu ekosystému HPC. Tým sa otvárajú možnosti viacerých potenciálnych príjmov, ktoré na tomto mieste iba načrtávame, podrobnejšie sú rozpracované v nasledovnej sekcii.

Výnosy z poskytovania kapacity HPC a podporných služieb

Základným typom príjmu sú príjmy z priameho predaja kapacity HPC, z poskytovania podporných služieb a z finančných príspevkov EuroHPC. Priame príjmy z poskytovania základných služieb HPC v prípade centra HPC financovaného z verejných zdrojov sú regulované. Podmienky štátnej pomoci obmedzujú komerčné príjmy na maximálne 20 % pomocnej kapacity. Aj napriek tomu to ale je jeden z predpokladaných výnosov centra HPC. V prípade komerčného predaja kapacity je predpoklad, že ďalším zdrojom príjmov budú aj podporné služby.

Jedným z významných potenciálnych príjmov sú finančné príspevky EuroHPC. Podľa podmienok súčasnej výzvy by EuroHPC ročne odoberal do 35 % kapacity centra HPC a výmenou za finančný príspevok korešpondujúci s výškou 35 % nákladov na prevádzku.

Obmedzenie v ekonomických aktivitách⁸⁴

Podľa Zmluvy o fungovaní EÚ – Rámec pre štátnu pomoc na výskum, vývoj a inovácie je komerčné použitie R&D infraštruktúry získanej z verejných zdrojov regulované EÚ legislatívou o štátnej pomoci. Táto legislatíva umožňuje využiť R&D infraštruktúru na komerčné účely do úrovne 20% celkovej kapacity (výpočet kapacity na základe relevantnej entity – výskumná organizácia, oddelenie, kontrakt). Využitie pomocnej kapacity R&D infraštruktúry na komerčné účely nad rámec 20% je možné za splnenia príslušných podmienok. Môže to však viesť k povinnosti vrátiť príslušnú časť poskytnutého financovania.⁸⁵

Výnosy z prevádzkovaného dátového centra

V prípade prevádzkovania vlastného dátového centra prichádza do úvahy niekoľko ďalších možných príjmov. V závislosti na zvolenom scenári to môže byť prenájom voľnej časti dátového centra (v prípade, že taká kapacita vznikne dočasne alebo trvale), ďalej predaj zvyškového tepla a prípadne aj elektriny.

⁸⁴ [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/GA/TXT/?uri=CELEX:52014XC0627\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/GA/TXT/?uri=CELEX:52014XC0627(01))

⁸⁵ <https://www.minedu.sk/data/att/21729.pdf>

5 Analýza a kvantifikácia výhod pre SR a z nich vyplývajúci dopad na štátny rozpočet

Napriek tomu, že vybudovanie HPC infraštruktúry a prevádzkovanie centra HPC nie sú strategickými cieľmi tohto projektu, sú nástrojmi na ich dosiahnutie. Od realizácie projektu sa očakáva, že dosiahne vytýčené strategické ciele a prinesie Slovensku očakávané výhody a prínosy. Niektoré z týchto prínosov je možné kvantifikovať vo forme ich dopadu na slovenskú ekonomiku, prípadne nastaviť ako merateľné ukazovatele pre indikáciu úspešnosti projektu. Iné poukazujú na potenciálne pozitívne dopady, ktoré však nie je možné vopred vyjadriť v presných hodnotách. Predmetom tejto kapitoly je popísanie a vysvetlenie kvantifikovateľných a nekvantifikovateľných prínosov. Kvantifikácia týchto prínosov v čase, ako aj podrobné vysvetlenie a kvantifikácia výnosov, sú uvedené v kapitole 5.2 Analýza prínosov a nákladov jednotlivých alternatív.

Z hľadiska kvantifikácie budúceho dopadu a merateľnosti skutočného stavu môžeme predpokladané prínosy rozdeliť nasledovne:

Kvantifikovateľné prínosy:

- počet vytvorených pracovných miest,
- prínosy pre klientov centra HPC,
- zvýšenie hrubého domáceho produktu Slovenskej republiky,
- zvýšenie exportu.

Nekvantifikovateľné prínosy:

- zvýšenie počtu vedeckých peer-review publikácií,
- vytvorenie nových študijných a univerzitných možností,
- zvýšenie atraktívnosti pre príliv talentov,
- zvýšenie koncentrácie hospodárskych subjektov s vyššou pridanou hodnotou,
- zvýšenie atraktívnosti digitálnej a dátovej infraštruktúry a tým aj prílev investícií.

5.1 Počet vytvorených pracovných miest

V prípade vybudovania centra HPC a nákupu HPC infraštruktúry bude potrebné vytvoriť desiatky pracovných miest, ktoré sú nevyhnutné pre dosiahnutie priorít projektu. Ide jednak o technické zabezpečenie prevádzky centra HPC, o podporu pre klientov centra a najmä o rozvoj ekosystému. Bez rozvoja ekosystému a stabilného vytvárania dopytu po službách HPC, by bola investícia do projektu len jednorazovou záležitosťou bez možnosti dlhodobého udržania.

Pri odhadnutí počtu budúcich vytvorených pracovných miest sme čerpali zo skúseností CSČ SAV z prevádzkovania superpočítača Aurel a z ich odhadu budúcich personálnych potrieb v prípade zakúpenia nového superpočítača. Tím CSČ SAV navrhol personálne pokrytie prevádzky centra HPC a Kompetenčného centra (*Tabuľka 25 Predpokladané požiadavky na personálne kapacity centra HPC*), ktoré sme

porovnali s údajmi z viacerých európskych centier HPC financovaných z verejných zdrojov (*Tabuľka 13: Prehľad počtu zamestnancov v centrách HPC*). Po porovnaní počtu personálnych kapacít, ktoré navrhuje CSČ SAV s priemernými hodnotami zisťujeme, že väčšina centier má nižší počet zamestnancov na jeden superpočítač, pokiaľ ide o technické zabezpečenie prevádzky, avšak vyšší počet pracovných miest určených na klientsku podporu. To pravdepodobne súvisí s vymedzením činností, ktoré majú jednotlivé roly vykonávať, keďže časť technických aktivít môže byť vnímaná ako podpora klientov a naopak, napríklad príprava prostredia a podobne, takže v porovnaní s číslami z iných centier HPC je navrhovaný počet pracovníkov primeraný.

V prípade počtu pozícií určených na podporu ekosystému vidíme, že ostatné centrá HPC majú na tieto aktivity vyhradený mnohonásobne vyšší počet zamestnancov. To potvrdzuje, že podpora ekosystému je absolútne kľúčovou podmienkou zvýšenia využívania služieb HPC a dosiahnutia s tým súvisiacich prínosov. Vzhľadom na počty pracovníkov vyhradených na tieto aktivity v iných centrách HPC a na nedostatočne rozvinutý ekosystém HPC v Slovenskej republike považujeme navrhovaný počet za nedostatočný. Rozdiel je však možné čiastočne vykryť spoluprácou so sprostredkovateľmi služieb HPC. Navrhujeme preto v rámci budovania HPC ekosystému zamerať časť tohto tímu výhradne na podporu rozvoja siete HPC sprostredkovateľov.

Samozrejme, pokiaľ ide o počet vytvorených pracovných miest, medzi kvantifikovateľné prínosy budeme pre účely tejto štúdie uvažovať len skutočne novo vytvorené miesta, preto do cieľových hodnôt nebudeme zarátavať miesta, ktoré síce budú súčasťou prevádzky centra HPC, ale už existujú v súčasnom CSČ SAV. Uvažované počty novo vytvorených pracovných miest po odrátaní už existujúcich miest sú uvedené v tabuľke Predpokladané požiadavky na personálne capacity centra HPC. V rámci tejto štúdie teda budeme uvažovať o minimálne 75 novo vytvorených pracovných miestach.

5.2 Ekonomické prínosy investícií do HPC pre klientov centra HPC

Jedným z analytických zdrojov pri posudzovaní prínosov tohto projektu bola aj štúdia spoločnosti Hyperion Research „Economic Models Linking HPC and ROI⁸⁶“, ktorá skúma, ako môžu investície do HPC zlepšiť ekonomický úspech a zvýšiť počet a prínosy vedeckých inovácií. Štúdia zozbierala a zanalyzovala 208 príkladov návratnosti investícií a inovácií, prierezovo z celého sveta. Zahŕňa 67 príkladov finančnej návratnosti investícií a 141 príkladov inovácií (67 inovácií základného výskumu a 74 inovácií aplikovaného výskumu). Z toho 79 inovácií bolo vo verejnom sektore a 62 v súkromnom sektore. Štúdia vytvorila tieto ekonomické modely:

- Makroekonomický model, ktorý zobrazuje spôsob, akým investície do HPC vedú k ekonomickému pokroku vo forme návratnosti investícií (HDP), ziskov (a úspor nákladov) a pracovných miest.
- Makroekonomický model, ktorý zobrazuje spôsob, akým investície HPC vedú k základným a aplikovaným inováciám, pričom sa pozerá na variácie podľa sektora, odvetvia, krajiny a veľkosti organizácie.

⁸⁶ <https://www.hpcuserforum.com/ROI/>

- Nový inovačný index, ktorý poskytuje prostriedok na meranie a porovnávanie úrovni inovácií.
- Pri výbere množiny dát zozbieraných z projektov HPC realizovaných v rámci EÚ boli zaznamenané nasledujúce dôležité štatistické zistenia:
 - Spoločnosti, ktoré investovali do služieb HPC zaznamenali v priemere zvýšenie výnosov vo výške 288,7 USD na jeden USD investovaný do využitia HPC.
 - Spoločnosti, ktoré investovali do služieb HPC zaznamenali v priemere zvýšenie ziskov alebo úspor nákladov vo výške 48 USD na jeden USD investovaný do využitia HPC.

Priemerný počet rokov pred začiatkom návratov investície do HPC bol 1,9 roka.

Z tejto štatistiky môžeme odvodiť, že firmy, ktoré pri skvalitnení svojich služieb a produktov využijú služby HPC, môžu dosiahnuť maximálny výnos až 288,7 € za každé investované euro. S prihliadnutím na predpokladaný rozsah komerčného predaja služieb centra HPC a s (konzervatívnym) predpokladom doby návratnosti 10 rokov môžeme jednoducho určiť predpokladaný ekonomický dopad tohto prínosu. Rovnako je to aj v prípade dosiahnutia vyšších ziskov/úspor v nákladoch prostredníctvom inovácií dosiahnutých vďaka využitiu služieb centra HPC, pri ktorých je možné maximálny predpokladaný prínos vyjadriť pomerom 48 € za každé euro, ktoré klienti centra HPC investujú do jeho služieb.

5.3 Zvýšenie exportu

Ako bolo uvedené vyššie v kapitole Zhodnotenie potenciálu EuroHPC na Slovensku, pri financovaní projektu bude možné využiť aj financovanie od EuroHPC JU. Príslušná výzva zatiaľ nie je zverejnená, ale predpokladané podmienky financovania je možné odvodiť z už publikovaných a ukončených výziev. Najnovšia zverejnená výzva Centrá excelentnosti pre HPC aplikácie (Centres of Excellence for HPC applications)⁸⁷, ktorej termín predkladania žiadostí bol 06. apríla 2022, uvádza nasledujúce maximálne miery financovania investície do vybudovania a prevádzky centra HPC⁸⁸:

- Výskum a inovácie: 100 %
- Inovačné opatrenie: 70 % (okrem neziskových právnických osôb, kde platí miera do 100%)
- Koordinácia a podpora: 100 %
- Program spolufinancovanie akcie: medzi 30 % a 70 %
- Inovácie a trhové nasadenie: 70 % (okrem neziskových právnických osôb, kde platí sadzba až 100 %)
- Školenie a mobilita: 100 %
- Obstarávanie vo fáze pred komerčným využitím: 100 %
- Verejné obstarávanie inovatívnych riešení: 50 %

⁸⁷ <https://eurohpc-ju.europa.eu/calls/centres-excellence-hpc-applications#ecl-inpage-2>

⁸⁸ [wp-13-general-annexes_horizon-2021-2022_en.pdf \(europa.eu\)](#)

Na základe doterajšej komunikácie medzi CSČ SAV a EuroHPC je podľa vyjadrenia EuroHPC možné reálne predpokladať, že v prípade úspešnej žiadosti prispeje EuroHPC JU pri budovaní centra HPC finančným príspevkom vo výške 35 % nákladov investície do infraštruktúry. Zároveň bude EuroHPC počas prevádzkovania centra HPC odoberať 35 % kapacity ročne, za čo bude finančne prispievať na prevádzku vo výške 35 % z prevádzkových nákladov. Finančný príspevok na prevádzku by bol poskytovaný počas účinnosti grantovej zmluvy, teda 5 rokov. Aj keď nejde o priamy predaj na základe dodávateľskej alebo poskytovateľskej zmluvy, ide o cezhraničnú výmenu poskytovania služby za finančné prostriedky, čo znamená, že príslušná suma by bola prínosom pre ekonomiku SR vo forme zvýšenia exportu SR.

5.4 Zvýšenie HDP

Ďalším z predpokladaných prínosov pre ekonomiku Slovenskej republiky je pozitívny dopad nasledujúcich priamych a sekundárnych výnosov a prínosov projektu:

- Predaj služieb HPC a podporných služieb centra HPC,
- Predaj podporných služieb sprostredkovateľmi,
- Zvýšenie výnosov klientov centra HPC vďaka investíciám do HPC.
- Výnosy centra HPC vo forme predaja služieb HPC a predaja podporných služieb budú podrobne uvedené v kapitole Analýza prínosov a nákladov jednotlivých alternatív.
- Predpokladané maximálne zvýšenie výnosov klientov centra HPC vďaka investíciám do HPC je popísané v predchádzajúcej časti Ekonomické prínosy investícií do HPC pre klientov centra HPC.

5.5 Nekvantifikovateľné prínosy

Okrem vyššie uvedených kvantifikovateľných prínosov očakávame aj ďalšie prínosy pre Slovensko, ktoré však nie je na základe aktuálne dostupných informácií možné kvantifikovať alebo merať ich dosiahnutie. Je však možné popísať ich pozitívny dopad.

5.5.1 Zvýšenie počtu vedeckých peer-review publikácií

Jedným z hlavných predpokladaných prínosov projektu je akcelerácia výskumu a vývoja na Slovensku. Jadro urýchlenia spočíva v možnosti využitia výpočtovo náročných simulácií, využitia umelej inteligencie a podobných pokročilých metód oproti bežným spôsobom výskumu. Tento bežný spôsob výskumu vyžaduje laboratórne testovanie s následným štatistickým vyhodnotením. Ide o relatívne časovo náročný proces, ktorý v závislosti od typu výskumu môže zaberať neporovnateľne dlhší čas. Využitie simulácií v HPC sa však aj pri veľmi náročných simuláciách ukazuje ako časovo i nákladovo významne efektívnejšie. (Napríklad, podľa skúseností Sandia Labs,

pri simulácií materiálových testov bola dosiahnutá rýchlosť získania výstupov až 40 000 krát vyššia než pri tradičných testoch⁸⁹).

Urýchlenie metód výskumu sa okrem iného prejaví aj na počte publikácií vydaných za jednotku času konštantným množstvom výskumníkov. Na základe regresnej analýzy “Research Computing on Campus - Application of a Production Function to the Value of Academic High-Performance Computing”, vykonanej na základe zistení z vybudovania a prevádzky centra HPC na Purdue University (USA), sa ukázalo, že sprístupnenie kapacity 100 teraflopov (0,1 petaflopov) predikovalo zvýšenie produkcie publikácií o 72 ročne (publikovaných v databáze Scopus)⁹⁰. Na Slovensku je podľa platformy Scopus ročne publikovaných cca 9 000 publikácií⁹¹. Celkové náklady na produkciu týchto výstupov predstavuje ročný náklad verejných zdrojov na vedecký výskum, teda cca 900 mil. € ročne s celkovými nákladmi na jednu publikáciu cca 100 000 €. Za rovnakú hodnotu pri predpokladanom sprístupnení kapacity 0,7 petaflopov pre akademický sektor prispievajú služby HPC k navýšeniu počtu publikácií približne o 500, teda 500-násobne viac publikácií. Pri sprístupnení 50 petaflopov pre akademický sektor môžeme predpokladať maximálne zvýšenie počtu publikácií na 36 000, čo znamená nárast na 400 %

5.5.2 Zvýšenie atraktívnosti pre príliv talentov

V súčasnosti Slovensko nedisponuje dostatočným počtom odborníkov v oblasti HPC a v prípade zintenzívnenia aktivít pri podpore ekosystému HPC bude nevyhnutné motivovať a prilákať slovenských expertov pôsobiacich v zahraničí alebo expertov z iných krajín. V súčasnosti nemá Slovensko pre týchto expertov žiadne využitie, nakoľko HPC aktivity sú prakticky neexistujúce a nie je možné ponúknuť im priestor na profesionálnu realizáciu. Vybudovanie a prevádzkovanie centra HPC významne zmení túto situáciu a posilní atraktivitu Slovenska v tejto oblasti. Centrum HPC zároveň vytvorí istý počet pracovných miest pre zamestnancov centra HPC prichádzajúcich zo zahraničných inštitúcií.

5.5.3 Vytvorenie nových študijných možností a univerzitných programov

Pokiaľ sa k vybudovaniu centra HPC neprístupuje ako k izolovanej aktivite, ale zároveň sa kladie dôraz na rozvoj ekosystému, môže existencia takéhoto centra so sebou priniesť nové študijné a univerzitné možnosti, ako to môžeme vidieť napríklad v prípade centra HPC IT4Innovations (HPC Karolína, Česká republika), ktoré poskytuje nielen školenia v oblasti HPC, ale podieľajú sa aj na vzdelávaní nových odborníkov v HPC, HPDA a AI v rámci doktorandského študijného programu Výpočetní vědy na VŠB – Technická univerzita Ostrava. Rovnako bol v spolupráci s centrom Luxinnovation (HPC Meluxina, Luxembursko) na Luxemburskej univerzite spustený nový doktorandský program zameraný na HPC. Ako sme už spomenuli vyššie, vybudovanie

⁸⁹ https://newsreleases.sandia.gov/advancing_materials/

⁹⁰ Preston Smith, Stephen Lien Harrell, Research Computing on Campus - Application of a Production Function to the Value of Academic High-Performance Computing, 2021

⁹¹ <https://eraportal.sk/aktuality/5-slovenskych-institucii-s-najvyssim-poctom-publikacii-v-databaze-scopus-v-rokoch-2017-2019/>

a prevádzka centra HPC môže zvýšiť v počiatočnej fáze atraktivitu pre príliv špecialistov v oblasti HPC. Vzhľadom na nedostatok špecialistov v tejto oblasti na Slovensku však vnímame ako nevyhnutné zamerať sa aj na vzdelávanie budúcich expertov v tejto oblasti, aby sme boli počas budovania ekosystému HPC na Slovensku schopní reagovať na rastúci dopyt po špecialistoch v tejto oblasti nielen u nás, ale aj v ostatných krajinách EÚ. Úzka spolupráca centra HPC (napr. NSCC v prípade SR) s univerzitami je preto kľúčovým predpokladom udržateľnosti investície do HPC.

5.5.4 Zvýšenie koncentrácie hospodárskych subjektov s vyššou pridanou hodnotou

Pri snahe o vybudovanie a zveľadenie ekosystému HPC na Slovensku bude nevyhnutné zamerať sa nielen na akademický sektor, ktorý je prirodzeným cieľovým segmentom pre využívanie služieb centra HPC financovaného z verejných zdrojov. Bolo by chybou nevyužiť túto príležitosť na symbiotický efekt využitia služieb HPC na podporu malých a stredných podnikov a následného nárastu vo využívaní služieb HPC za strany firiem, ktoré zaznamenajú pozitívny dopad služieb HPC vo forme vyšších výnosov a efektívnejšieho fungovania (ako je to popísané v časti Ekonomické prínosy investícií do HPC pre klientov centra HPC). V tejto snahe je nevyhnutná spolupráca s Ministerstvom hospodárstva, ktorého ciele sa v tejto oblasti prekrývajú s cieľmi projektu. Jednou z možností je podpora malých a stredných podnikov vo forme vytvorenia grantovej schémy na využitie služieb HPC. Samozrejme, zároveň bude potrebné zabezpečiť služby podpory, či už prostredníctvom kompetenčného centra alebo prostredníctvom sprostredkovateľov, ktorí sa môžu špecializovať na jednotlivé odvetvia. Otvoria sa tým možnosti posilnenia MSP vďaka skvalitneniu poskytovaných služieb, zefektívneniu výrobného procesu, vývoja nových produktov a vďaka využitiu mnohých ďalších možností, ktoré by inak boli premeškané. Príkladom podobnej úspešnej spolupráce je napríklad Luxembursko, kde bola zverejnená výzva pre súkromné spoločnosti, ktoré majú možnosť realizovať svoje projekty a experimenty a použiť ich software na HPC infraštruktúre zdarma.

5.5.5 Zvýšenie atraktívnosti digitálnej a dátovej infraštruktúry a tým aj prílev investícií

Cieľom tohto projektu je vybudovať a zveľadovať ekosystém HPC na Slovensku. Ako bude viac a viac subjektov vnímať prínosy HPC pre svoje aktivity a podnikanie, bude so zveľadením ekosystému rásť aj dopyt po službách HPC. To bude mať za následok zvýšenú potrebu investícií do HPC IKT nielen prostredníctvom verejného financovania, ale aj s využitím komerčných investícií. Táto oblasť prínosov je obzvlášť ťažko kvantifikovateľná, najmä z pohľadu identifikácie kauzálnej previazanosti investície do HPC infraštruktúry a prílevu investícií. Navyše, už z povahy digitálnych technológií, tieto nie sú viazané geografickou lokalitou, sú efektívne využiteľné bez ohľadu na ňu. Preto je prílev investícií oveľa viac korelovateľný s investíciami do ekosystému, investíciami ľudského kapitálu, do podporných a motivačných programov, čo vo všetkých už vyššie uvádzaných prípadoch centier HPC sú s výraznou prevahou dlhodobé investície verejného sektora, ktoré sú v tomto nevyhnutným predpokladom úspechu.

6 Analýza alternatív k výstavbe superpočítača a ich porovnanie

Táto kapitola popisuje prístup k identifikácii variantov vytvorenia a prevádzkovania centra HPC na Slovensku a vybudovania súvisiaceho ekosystému a na nich založených scenárov realizácie, ako aj spôsob ich hodnotenia, ktorý bude ďalej použitý. Pre účely identifikácie vychádzame z členenia projektu na tieto vysokoúrovňové bloky:

- a) HPC infraštruktúra (obstaranie IKT, inštalácia, testovanie, uvedenie do prevádzky)
- b) Dátové centrum (zabezpečenie umiestnenia a prevádzky HPC infraštruktúry – budova, zdroje energie, chladenie a podobné prvky)
- c) HPC ekosystém (prevádzka HPC infraštruktúry, podpora používateľov, propagácia, partneri...)

V tejto kapitole sme vychádzali zo vstupov

- Pre oblasť DC: p. Jána Miháliku, špecialistu MIRRI v oblasti budovania a prevádzky dátových centier a tiež z prieskumu trhu,
- Pre oblasť HPC infraštruktúry: p. L. Demoviča z CSČ SAV a členov tímu Národného kompetenčného centra pri CSČ SAV a takisto z prieskumu trhu.

6.1 Alternatívy vybudovania centra HPC na Slovensku

Scenáre implementácie tohto projektu sú prioritne definované HPC infraštruktúrou a možnosťami vybudovania dátového centra. Samostatným scenárom, na ktorý sa nevzťahujú obmedzenia IKT a DC, je outsourcing, teda nákup kapacity HPC u iných prevádzkovateľov a jej poskytovanie súčasným slovenským používateľom.

Pri identifikácii variantov realizácie pre HPC infraštruktúru a dátové centrum sme vychádzali z cieľov projektu, ktoré boli odvodené od Plánu obnovy a odolnosti (POO). Tieto ciele ako aj ich spresnenie sú popísané v kapitole 4.4 Implikácie pre Slovensko.

Okrem cieľov projektu uvedených v POO bolo nutné brať do úvahy aj požiadavky súčasných používateľov HPC a ich predpokladaný rozsah na najbližších 5 rokov. Za týmto účelom bol pod záštitou CSČ SAV uskutočnený prieskum predpokladaných požiadaviek. Priebeh a výsledky prieskumu sú podrobne popísané v kapitole 2.6 Prieskum požiadaviek na výkon/kapacity HPC.

Pri identifikácii scenárov sme so zohľadnením vyššie popísaných cieľov postupovali nasledovne:

1. Identifikácia konfigurácií IKT a odvodenie požiadaviek na dátové centrum
2. Identifikácia vhodných alternatív dátového centra
3. Identifikácia nákladov a odvodenie obmedzení pre konfigurácie IKT (a ich príp. úprava)

4. Identifikácia rizík a príp. mitigačných opatrení

6.1.1 Uvažované konfigurácie HPC infraštruktúry

Vstupným parametrom pre určenie špecifikácie konfigurácie HPC infraštruktúry je predpokladaný dopyt po službách HPC. Z prieskumu dopytu popísaného v kapitole 3.6 *Prieskum požiadaviek na výkon/kapacity HPC* vyplynulo, že na pokrytie požiadaviek akademického sektora musí mať výsledná konfigurácia IKT k dispozícii minimálne 87 700 jadier (cca 50 PFLOPS).

Súčasťou projektu je však nielen zakúpenie hardvéru a jeho prevádzkovanie, ale aj vybudovanie a podpora ekosystému HPC s cieľom zvýšiť dopyt po službách HPC a následne aj ekonomické prínosy, ktoré sú spojené s ich využívaním. Navrhované spôsoby rozvoja a podpory ekosystému sú podrobne rozpísané v kapitole 6.2 Budovanie a rozvoj ekosystému. V scenároch, ktoré zohľadňujú aj pozitívny dopad rozvoja ekosystému, bude zvažovaná infraštruktúra HPC s vyšším výkonom oproti základnému požadovanému výkonu, keďže rozvinutejší ekosystém sa prejaví nárastom požiadaviek a dopytu po kapacite. S cieľom kompenzovať prípadné nepresnosti v odhade požiadaviek je možné fázovať nákup IKT a čo najskôr začať s budovaním HPC ekosystému. Po obstaraní štartovacej konfigurácie IKT a následnom potvrdení/spresnení nárastu dopytu bude možné v ďalšej fáze projektu rozšíriť konfiguráciu IKT podľa spresneného rozsahu požadovanej kapacity a ďalších parametrov systému, čo navyše umožní aj využitie technologického pokroku na získanie lepšieho pomeru cena/výkon. Na základe týchto predpokladov boli stanovené nasledujúce varianty konfigurácie HPC infraštruktúry.

6.1.1.1 Minimálna konfigurácia (Basic)

Pokryje požiadavky súčasných slovenských používateľov. Predpokladá použitie technológií dostupných na trhu v súčasnosti resp. s ohlásenou dostupnosťou v krátkej budúcnosti, bez špecifickej požiadavky na architektúru procesorov alebo pôvod technológií. Okrem požiadaviek súčasných slovenských používateľov (podľa vykonaného prieskumu predpokladaného dopytu na Slovensku) predpokladáme pri splnení cieľa POO využitie (a dofinancovanie) 35 % kapacity prostredníctvom EuroHPC.

Tabuľka 18: Parametre IKT - minimálna konfigurácia

Infraštruktúra Basic	
Parameter	Hodnota
Kapacita	cca 50 PLOPS
Príkon (iba IKT)	1,5 MW
Chladenie	chladenie vodou
Minimálna vyžadovaná plocha DC (iba pre IKT)	60 m ²

Riziká:

- Nebude pokrytý rastúci dopyt po službách HPC, vyplývajúci z rozvoja ekosystému.
- Ďalšie riziká špecifické výlučne pre tento scenár neboli identifikované.

6.1.1.2 Rozšírená konfigurácia (Extended)

Predpokladá rozvoj HPC ekosystému a súvisiace zvyšovanie dopytu po službách HPC, takisto bez špecifických požiadaviek na architektúru a pôvod technológií. Očakávame, že jednotlivé zložky HPC ekosystému budú navzájom spolupracovať a generovať nové prínosy z využívania HPC infraštruktúry pri zvýšení dopytu po jej službách. V závislosti na úspešnosti rozvoja ekosystému bude potrebné sprístupniť viac kapacity na naplnenie požiadaviek nových, zatiaľ neexistujúcich používateľov. Aj v tomto prípade predpokladáme využitie kapacity v rozsahu 35 % cez EuroHPC JU.

Tabuľka 19: Parametre IKT - rozšírená konfigurácia

Infraštruktúra Basic	
Parameter	Hodnota
Kapacita	cca 123 PFLOPS ⁹²
Príkon (iba IT)	3 MW
Chladenie	chladenie vodou
Minimálna vyžadovaná plocha DC (iba pre IKT)	100 m ²

Riziká: Ďalšie riziká špecifické len pre tento scenár neboli identifikované.

6.1.1.3 Experimentálna konfigurácia (Experimental)

Predpokladá špecifické požiadavky na technológie v duchu cieľov POO vyššie (HPC má byť založený na európskych technológiách, čím sa posilní technologická suverenita EÚ a má využívať CPU a GPU na jednom čipe, čo vychádzalo z očakávania novej technológie, čipu Prodigy od spoločnosti Tachyum, vyvíjanej na Slovensku). Túto konfiguráciu uvažujeme kapacitne v rozsahu Basic aj v rozsahu Extended. Ako experimentálnu ju označujeme preto, že v čase vypracovania a odovzdania tejto štúdie uvedený čip ešte nebol otestovaný a nebol potvrdený termín jeho uvedenia do produkcie, čo okrem iného predstavovalo riziká z hľadiska harmonogramu realizácie projektu. Tu uvádzané parametre vychádzajú z marketingových informácií poskytnutých výrobcom.

V prípade tejto konfigurácie nie je teda urobený predpoklad, že by technológie mali už byť na trhu dostupné. Hoci na jednej strane tento variant vytvára priestor pre využitie špičkových (hoci dnes len experimentálnych) technológií pravdepodobne dostupných v čase potreby (fáza rozšírenia konfigurácie), na druhej strane čiastočne znižuje časové riziko (fázovaním).

⁹² Na základe informácií od VSC SAV po spracovaní výsledkov RFI

Tabuľka 20: Parametre IKT - experimentálna konfigurácia

Infraštruktúra Experimental	
Experimental Basic	Hodnota
Kapacita	cca 50 PFLOPS
Príkon (iba IT)	1 MW
Chladenie	chladenie vodou
Minimálna vyžadovaná plocha DC (iba pre IKT)	<i>Nebolo presne špecifikované - odhad 100 m²</i>
Experimental Extended	Hodnota
Kapacita	cca 208 PFLOPS
Príkon (iba IT)	3,6 MW
Chladenie	chladenie vodou
Minimálna vyžadovaná plocha pre IKT	<i>Nebolo presne špecifikované - odhad 150 m²</i>

Riziká:

- Technológia nebude dostupná včas
- Technológia nebude dostupná s predpokladanými parametrami
- Nebude včas k dispozícii systémový integrátor na vybudovanie, dodávku a údržbu superpočítača s experimentálnou technológiou

6.1.1.4 Riziká spoločné pre všetky konfigurácie

V súvislosti s obstaraním a inštaláciou HPC infraštruktúry sme identifikovali riziko nedodržania termínov stanovených v POO, ktoré môže nastať v prípade každej z navrhovaných konfigurácií. Časové obmedzenia financovania z prostriedkov POO sa týkajú všetkých navrhovaných konfigurácií HPC infraštruktúry a sú dané nasledujúcimi termínmi:

- uvedenia zariadenia IKT do prevádzky a poskytovanie služieb pre minimálne 150 subjektov najneskôr do konca roka 2024,
- ukončenie realizácie aktivít projektu vrátane finančného vysporiadania najneskôr do polovice roka 2026.

Na samotné obstaranie zariadenia sa predpokladá minimálne 9 mesiacov. V rámci prípravy štúdie bol realizovaný prieskum informácií u dodávateľov IKT, ktorý okrem iného potvrdil, že predpokladané trvanie dodávky a inštalácie zariadenia od jeho obstarania je 12 mesiacov. To znamená, že realistický harmonogram dodania a inštalácie zariadenia IKT je minimálne 21 mesiacov, a to bez zohľadnenia prípadných preťahov verejného obstarávania (VO), napr. námietky neúspešných uchádzačov a pod.

Okrem rizika možných preťahov vo VO a rizika zdržania pri dodávke zariadenia spôsobeného možnými problémami v dodávateľských reťazcoch, experimentálny variant zahŕňa aj riziko pripravenosti novej technológie. V prípade experimentálneho variantu konfigurácie IKT je nevyhnutné optimisticky predpokladať skorú realizáciu testov čipu Prodigy a jeho uvedenie do produkcie najneskôr do začatia verejného

obstarania nového zariadenia. Navyše je nutné predpokladať jeho zatiaľ nepotvrdenú kompatibilitu s aplikačným programovým vybavením, požadovaným používateľmi IKT. V opačnom prípade nie je z dôvodov časových obmedzení možné realizovať tento variant.

6.1.2 Uvažované možnosti pre dátové centrum

Východiskové predpoklady

Aj v prípade variantov výstavby dátového centra je nevyhnutné vziať do úvahy časové obmedzenia stanovené v Pláne obnovy a odolnosti (POO). Ak má centrum HPC začať poskytovať služby 150 subjektom na konci roka 2024, musí byť dátové centrum pripravené na inštaláciu infraštruktúry HPC najneskôr začiatkom tretieho kvartálu 2024.

Požiadavky na dátové centrum (DC), odvodené z uvažovaných konfigurácií HPC infraštruktúry sú uvedené v nasledujúcej tabuľke:

Tabuľka 21: Nároky infraštruktúry HPC na dátové centrum

Nároky infraštruktúry HPC			
Konfigurácia IKT	Plocha IT sály ⁹³	Príkon (celé DC)	Pripojenie k internetu
Basic	minimálne 100 m ²	2,3 MW	100 GB/s
Extended	minimálne 150 m ²	4,5 MW	100 GB/s
Basic Experimental	minimálne 100 m ⁹⁴	1,7 MW	100 GB/s
Extended Experimental	minimálne 150 m ⁹⁵	5,4 MW	100 GB/s

Časové obmedzenia na vybudovanie dátového centra takisto súvisia s míľnikmi POO a termínmi potrebnými na obstaranie a sprevádzkovanie HPC infraštruktúry. Preto uvažujeme s termínom 06/2024 ako míľnikom pre pripravenosť DC na inštaláciu HPC infraštruktúry.

Riziká

S uvedeným míľnikom súvisia riziká preťahov vo verejnom obstarávaní, oneskorenie dodávok stavebných prác (v závislosti od scenára vybudovania DC, pozri nižšie) a technologických celkov pre podporu prevádzky (energie, chladenie, ...). Snaha o mitigáciu týchto rizík vedie k požiadavke na fázovanie realizácie s dočasným DC⁹⁶ v termíne vyššie uvedeného míľnika a finálnym umiestnením DC v termíne zohľadňujúcom ukončenie aktivít POO (v našom prípade teda 12/2025 so zvýšeným časom na finančné a administratívne uzavretie POO). Požiadavka na **fázovanie DC** sa

⁹⁷ Basic a Extended v stĺpci „Pre konfigurácie“ znamená, že pre príslušnú lokalitu sa skúmala možnosť umiestniť tieto dve konfigurácie HPC systému (t. j. naplnenie súvisiacich technických požiadaviek).

⁹⁷ Basic a Extended v stĺpci „Pre konfigurácie“ znamená, že pre príslušnú lokalitu sa skúmala možnosť umiestniť tieto dve konfigurácie HPC systému (t. j. naplnenie súvisiacich technických požiadaviek).

⁹⁷ Basic a Extended v stĺpci „Pre konfigurácie“ znamená, že pre príslušnú lokalitu sa skúmala možnosť umiestniť tieto dve konfigurácie HPC systému (t. j. naplnenie súvisiacich technických požiadaviek).

⁹⁷ Basic a Extended v stĺpci „Pre konfigurácie“ znamená, že pre príslušnú lokalitu sa skúmala možnosť umiestniť tieto dve konfigurácie HPC systému (t. j. naplnenie súvisiacich technických požiadaviek).

tak stretá s požiadavkou na fázovanie HPC infraštruktúry a je popísaná nižšie v rámci tejto kapitoly.

Pre vyššie opísané konfigurácie HPC infraštruktúry (okrem outsourcingu) sme uvažovali s nasledovnými možnosťami realizácie DC:

- Využitie služieb housingu, komerčne dostupných na trhu
- Adaptácia existujúcej budovy pre účely DC
- Kúpa hotového DC
- Výstavba nového DC

Počas prípravy tejto štúdie bol zorganizovaný ďalší prieskum možností trhu, týkajúci sa možností umiestnenia HPC u niektorého z existujúcich poskytovateľov služieb housingu resp. dodávateľmi DC (popísaný v prílohe *Priebeh prieskumu trhu poskytovateľov housingu*). Bolo zistené, že v súčasnosti na Slovensku neexistuje dátové centrum, ktoré by spĺňalo všetky požiadavky na housing infraštruktúry HPC. Kritické parametre závislé od uvažovaných konfigurácií sú dostatočný disponibilný príkon elektrickej energie, chladenie vodou a fyzické parametre (fyzické rozmery a nosnosť podláh kvôli váhe rackov).

6.1.2.1 *Využitie služieb housingu*

Jedná sa o obstaranie služieb housingu komerčného dátového centra (prakticky prenájom priestorov s istou úrovňou služieb). Zisťovali sme, či niektorý z komerčných poskytovateľov služieb housingu v dátových centrách na Slovensku bude v čase uvedenia do prevádzky schopný poskytnúť svoje služby v súlade s požiadavkami novej infraštruktúry do polovice roka 2024. Viacerí poskytovatelia deklarovali pripravenosť takéto služby poskytnúť, avšak vo všetkých prípadoch až po prispôbení požiadavkám (nutnosť adaptácie s ohľadom najmä na očakávaný príkon a chladenie).

6.1.2.2 *Adaptácia existujúcich priestorov pre účely DC*

Predpokladá získanie priestorov (kúpa, koncesia alebo prenájom) a ich následnú rekonštrukciu tak, aby spĺňali požiadavky pre budúce DC. K predtým uvažovaným sa v prípade prenájmu pridáva aj požiadavka garancie využívania priestorov počas trvania celej doby udržateľnosti projektu, aby bola zachovaná návratnosť investície do rekonštrukcie. Zadávatel' teda predpokladá ako podmienku objekt vo verejnom vlastníctve. Postup v tomto prípade je:

- identifikácia a získanie priestorov (dlhodobý prenájom / koncesia alebo kúpa),
- adaptácia priestorov podľa požadovaných parametrov.

6.1.2.3 Kúpa hotového DC

Predstavuje obstaranie priestorov DC, zodpovedajúcich požiadavkám. Nakoľko podľa prieskumu medzi poskytovateľmi dátových centier na Slovensku v súčasnosti neexistujú vyhovujúce priestory, aj táto možnosť predpokladá adaptáciu podľa požiadaviek.

6.1.2.4 Výstavba nového DC

V tomto prípade sa jedná o získanie (kúpa/prenájom) vhodného pozemku a vybudovanie nového DC v súlade s požiadavkami. Podľa zadávateľa vhodný pozemok v jeho vlastníctve nie je k dispozícii. Preto by bolo nevyhnutné ho zaobstarať a následne vybudovať DC požadovaných parametrov.

Tabuľka 22: Porovnanie možností

Možnosť	Výhody	Nevýhody	Riziká
Housing	Minimálne CAPEX Zodpovednosť za úpravy na strane dodávateľa	Dopad na ŠR (najvyššie OPEX)	Prietahy vo VO Nesplnenie termínov dodávateľom
Adaptácia alebo výstavba	Nižšie OPEX oproti prenájomu (nižší dopad na ŠR)	Vyššie CAPEX Zodpovednosť za úpravy / výstavbu na strane prijímateľa	Garancia dlhodobého prenájomu Prietahy vo VO a stavebných prácach
Kúpa	Nižšie OPEX (nižší dopad na ŠR) Garancia dlhodobého vlastníctva	Najvyššie CAPEX	Prietahy vo VO Nesplnenie termínov dodávateľom

6.1.2.5 Kombinácia housingu a následnej kúpy

Tento scenár predstavuje snahu o využitie výhod oboch vyššie popísaných možností, teda prenájom s predchádzajúcou nutnou adaptáciou, nasledovanému odkúpením hotového (už upraveného DC).

6.1.3 Prístup k výberu vhodného scenára pre vybudovanie HPC

Prvým uvažovaným scenárom realizácie projektu je **outsourcing**, teda prenájom výpočtovej kapacity pre potreby Slovenska v zahraničných centrách HPC, buď komerčne alebo cez EuroHPC JU. Tento scenár nezahŕňa zakúpenie infraštruktúry HPC, ani vybudovanie dátového centra. Tiež sa nepočíta s poskytovaním HPC kapacít pre súkromný sektor. Pri odhade finančných nákladov na realizáciu scenára sa predpokladá odhad ročných potrieb slovenských používateľov na úrovni 556 600 000 corehodín prieskum požiadaviek je popísaný v kapitole 2.6 *Prieskum požiadaviek na výkon/kapacity HPC*). Aktuálne ceny v corehodinách podľa dostupných cenníkov komerčných poskytovateľov sú uvedené v prílohe *Cenníkové ceny poskytovateľov služieb HPC*.

Pri výpočte nákladov na tento scenár sme vychádzali z nasledujúcich predpokladov:

- cena za nákup kapacity bola stanovená ako priemer cien jednotlivých komerčných poskytovateľov,
- v prípade dlhodobej zmluvy uvažujeme množstevnú zľavu vo výške 30 %,
- predpokladáme postupný nábeh využívania služieb koncovými užívateľmi, počnúc 30 % z predpokladaného dopytu v druhom roku s dosiahnutím 100 % predpokladaného dopytu v štvrtom roku,
- mzdové náklady na technickú podporu budú nižšie, keďže bude potrebný len personál na správu prístupov a prideľovanie kapacity.

Vychádzajúc z týchto predpokladov očakávame celkové náklady na scenár Outsourcing vo výške 418 977 381,28 € za 10 rokov projektu. Z uvedeného vyplýva, že prenájom komerčných kapacít ďaleko presahuje možnosti financovania z POO aj za predpokladu, že by bolo možné dojednať napr. vyššiu zľavu komerčných cien.

Pri EuroHPC poskytovateľoch je nevyhnutné zdôrazniť, že významným obmedzením tejto možnosti je garancia dostatočnej kapacity v požadovanom období. Typicky sa totiž časové požiadavky riešiteľov v EuroHPC centrách kryjú s požiadavkami slovenských používateľov, nakoľko sa primárne jedná o ten istý typ (akademických) používateľov.

Pre pokrytie potrieb jednotlivých subjektov na Slovensku by bolo teda potrebné žiadať o kapacity u množstva rôznych poskytovateľov cez ich grantové schémy alebo prostredníctvom PRACE. Uchádzať sa o tieto kapacity v rámci vyhlasovaných výziev predstavuje značnú administratívnu záťaž, ktorá v kombinácii so striktným prístupom a selektívnosťou pri vyhodnocovaní žiadostí znamená významnú bariéru pre našich používateľov, najmä tých, u ktorých ešte používanie HPC nepredstavuje rutinu alebo vyvolanú nevyhnutnosť. Dôvodom realizácie tohto projektu v SR prostredníctvom POO je naopak minimalizovať bariéry a významne podporiť penetráciu HPC nielen do akademického sveta ale najmä podporiť rozvoj HPC ekosystému a adopciu HPC vo verejnej správe a súkromnej sfére.

Možnosť prenájmu kapacít považujeme teda skôr za mitigačné opatrenie v prípade nedostatku dostupných kapacít na Slovensku z časových dôvodov (súbeh priveľkého množstva požiadaviek) a/alebo z dôvodov fázovania obstarania IKT (nedostupnosť vo fáze 1, oneskorenie projektu).

Alternatívou by bola snaha SR vstupovať do HPC konzorcií s cieľom zabezpečiť si balík strojového času výmenou za pokrytie časti prevádzkových nákladov. V žiadnej z možností však nie je garantovaný prístup k dostatočným kapacitám z dlhodobého hľadiska a existuje značné riziko toho, že potreby slovenských HPC používateľov by neboli uspokojené v dostatočnej miere.

Ostatné scenáre realizácie projektu počítajú s vybudovaním HPC na Slovensku, a teda predstavujú niektorú z kombinácií získania fyzickej HPC infraštruktúry (uvedené konfigurácie IKT), jej umiestnenia (DC – housing, prestavba, kúpa) a paralelne rozvoj

HPC ekosystému. Tým vzniká dvanásť možných scenárov realizácie (výstavbu nového DC „na zelenej lúke“ z vyššie uvedených dôvodov neuvažujeme).

Proces identifikácie scenárov je zo svojej povahy iteratívny. Na úvod boli vzaté do úvahy súčasné požiadavky očakávaných používateľov HPC (prieskum požiadaviek je popísaný v kapitole 2.6 Prieskum požiadaviek na výkon/kapacity HPC) a ich predpokladaný vývoj v čase v spojení s ďalšími vstupnými parametrami (pozri vyššie kapitolu 5.1.1 Uvažované konfigurácie HPC infraštruktúry). Vzápätí nasledoval prieskum možností trhu (Request for Information, RFI) medzi poskytovateľmi komerčných služieb prenájmu DC a potenciálnymi možnosťami umiestnenia v priestoroch verejných inštitúcií. Následné odhady nákladovosti budú spätne ovplyvňovať cieľovú konfiguráciu HPC infraštruktúry, ktorá sa reálne obstará. Dopady tejto iterácie sú ďalej diskutované v *kapitolách 5.2, 5.3 a 6*.

6.1.3.1 *Hodnotenú aspekty variantov vybudovania DC*

Pri hodnotení jednotlivých variantov je potrebné vziať do úvahy a váhovo vyhodnotiť nasledujúce aspekty:

- splnenie cieľov stanovených v Pláne obnovy a odolnosti (POO),
- splnenie parametrov technickej špecifikácie,
- dopad na štátny rozpočet po skončení POO (zníženie budúcich prevádzkových nákladov),
- náklady,
- riziká, identifikované pre ten ktorý variant.

Ciele POO a ich použitie pri hodnotení.

Ako kvalitatívny ukazovateľ tohto projektu je v POO „Uvedenie superpočítača do prevádzky a predloženie odovzdávacieho listu“. Termín splnenia tohto ukazovateľa, ako bolo už uvedené, je štvrtý štvrťrok 2024.

Pri hodnotení variantov budeme brať do úvahy tie, ktoré je možné ovplyvniť výberom variantu vybudovania DC.

Termín uvedenia HPC do prevádzky do konca roka 2024 je najdôležitejším míľnikom uvedeným v rámci POO. Na základe expertných odhadov dĺžky realizácie a súvisiacich procesov verejného obstarávania a identifikácie rizík spojených s jednotlivými variantmi sme došli k záveru, že pre účely tejto štúdie a pre účely mitigácie týchto rizík budeme uvažovať tento termín ako nesplniteľný v plnom rozsahu a vyhodnotili sme tri možné riešenia tejto situácie:

1. Vylúčenie alternatív vybudovania nového dátového centra, ktorého včasná realizácia do polovice roka 2024 je neprimerane riziková. Na Slovensku v súčasnosti neexistuje dátové centrum, ktoré by vyhovovalo požiadavkám HPC. Ani jednu z alternatív výstavba DC, kúpa existujúceho DC alebo rekonštrukcia budovy nepokladáme teda podľa expertných odhadov za realizovateľnú

- v zadaných časových rámcoch. Zostávajúcou možnosťou by bol prenájom priestorov (housing). Vzhľadom na nutné úpravy ľubovoľného existujúceho centra považujeme z hľadiska mitigácie rizík aj tento variant za nerealizovateľný.
2. Úprava termínu míľnika v POO
V prípade posunu termínu uvedenia HPC do prevádzky na koniec roka 2025 je realizácia všetkých navrhovaných variantov vybudovania dátového centra výrazne menej riziková. Zmena termínu však podľa vyjadrení NIKa (ÚV SR), sprostredkovaných predstaviteľmi MIRRI nebude potvrdená skôr než v polovici roka 2023. S prihladením na harmonogramy realizácie jednotlivých alternatív nie je možné so začatím VO čakať na potvrdenie zmeny.
 3. Fázovanie projektu
Fázovanie považujeme za mitigačné opatrenia pre riziká plnenia termínov POO. Popis fázovania sa nachádza v kapitole 5.3.2 Konfigurácia a umiestnenie infraštruktúry HPC.

Požiadavka na použitie **integrovanej architektúry** by predstavovalo realizáciu experimentálneho projektu s technológiou, ktorá zatiaľ nebola uvedená do produkcie. Dvaja výrobcovia čipov síce avizovali jej uvedenie na trh v budúcom roku, ale v súčasnosti by táto požiadavka znamenala riziko namietania diskriminačného kritéria v procese verejného obstarania. Rovnako by tomu bolo aj v prípade podmienky použitia **európskych technológií**. Preto predpokladáme, že sa pri hodnotení alternatív nebudú brať do úvahy tieto ciele POO a bude sa postupovať štandardným procesom VO. Pre mitigáciu rizika navrhujeme fázovaním projektu vytvoriť časovú rezervu s víziou dostupnosti takýchto pokrokových technológií v neskoršom termíne.

Umiestnenie v prvej desiatke svetového rebríčka **energeticky účinných superpočítačov** „Green 500“ nie je možné plne garantovať. Rebríček Green 500 je zoznam, ktorý je aktualizovaný každý mesiac a v súčasnosti prebieha len v Európe viacero implementácií HPC, ktoré budú uvedené do prevádzky v čase obstarávania slovenského zariadenia HPC a ich presný cieľový parameter nie je známy. Preto je možné tento parameter iba aproximovať s rizikom, že umiestnenie nebude dosiahnuté. Pokus vytvoriť dostatočnú výkonovú rezervu naopak môže znamenať prekročenie alokovaného rozpočtu. **Riešením** splnenia tejto požiadavky v kombinácii s plnením časového míľnika POO (12/2024) **je fázovať realizáciu IKT** a obstaráť v prvej fáze HPC s dostatočnou energetickou efektívnosťou avšak iba so štartovacím absolútnym výkonom a následne (v termíne 12/2025) rozšíriť konfiguráciu na dosiahnutie ďalších požadovaných parametrov.

Dodatočná možnosť spočíva v snahe dosiahnuť skutočný cieľ, ktorý sa za týmto parametrom skrýva, a to požadovanú energetickú efektívnosť celej inštalácie. Tú je možné zdefinovať ako požiadavku na parametre DC formou tzv. parametra PUE (Power Usage Effectiveness) a použiť ho na vyhodnotenie alternatív DC.

Poskytovanie služieb pre minimálne 150 subjektov do roku 2024 je merateľný ukazovateľ, na ktorý nemá vplyv výber alternatívy. Preto tento cieľ nebude použitý na účely hodnotenia alternatív.

Podobne nebude na hodnotenie použitá požiadavka poskytovania výpočtového výkonu v rámci EuroHPC, ktorá takisto nezávisí od výberu alternatívy ale od úspešného uchádzania sa o finančný príspevok s EuroHPC.

Pri hodnotení alternatív budeme teda brať do úvahy termín uvedenia do prevádzky v roku 2024 (a v tom implicitne aj dodržanie míľnikov POO na ukončenie vecných, administratívnych aj finančných aktivít projektu, teda prvá polovica 2026) a dosiahnutie energetickej efektívnosti (PUE).

Technické kritériá

Technické kritériá odrážajú prevádzkové požiadavky HPC infraštruktúry:

- dostatok podlažnej plochy pre zvolenú infraštruktúru,
- dostatočný elektrický príkon pre zvolenú infraštruktúru,
- dostupnosť chladenia vodou v čase nasadenia infraštruktúry (v hodnotení nie je uvažované, nakoľko nie je dostupné u žiadnej z uvažovaných lokalít),
- rýchlosť pripojenia k internetu,
- škálovateľnosť pre budúci rast.

Vplyv na prevádzkové náklady

V priebehu prvých štyroch rokov projektu, od konca roka 2022 do začiatku roka 2026 bude projekt financovaný z Plánu obnovy a odolnosti. Pre účely hodnotenia predpokladáme, že financovanie bude pokrývať investičné náklady (zakúpenie počítačovej infraštruktúry HPC a jej neskoršieho rozšírenia, vybudovanie dátového centra), ako aj prevádzkové náklady (prípadný prenájom DC, prevádzku DC, spotrebu energií, personálne náklady a pod.). Po ukončení financovania z POO bude počas zostávajúceho obdobia požadovanej udržateľnosti projekt financovaný zo štátneho rozpočtu (ŠR). Z toho dôvodu je dôležitým kritériom hodnotenia minimalizácia dopadov na ŠR, teda napr. minimalizácia poplatkov za prenájom priestorov a nákladov na energie.

Riziká spojené s realizáciou scenára

U každého z možných scenárov je potrebné zaznamenať riziká ich realizácie, vyhodnotiť ich dopady, stanoviť ich závažnosť a navrhnúť možnosti ich mitigácie. Závažnosť a pravdepodobnosť vzniku rizika bude hodnotené na škále od 1 do 3. Podrobné informácie o hodnotení rizík sú uvedené v prílohe 8.6 Porovnanie rizík a ich mitigácia pri vybudovaní DC.

Tabuľka 23: Hodnotiace kritériá podľa rizika realizácie

Hodnotiace kritériá podľa rizika realizácie	Škála
Závažnosť (nízka, stredná, vysoká)	1 – 3
Pravdepodobnosť výskytu (nízka, stredná, vysoká)	1 – 3

Náklady na realizáciu scenára

Pod nákladmi na realizáciu scenára sa rozumejú celkové investičné a prevádzkové náklady počas obdobia 10 rokov trvania projektu, bez ohľadu na zdroj financovania. Dostupné zdroje finančných prostriedkov je možné rozdeliť na:

- Plán obnovy a odolnosti,
- príspevky EuroHPC,
- štátny rozpočet Slovenskej republiky,
- iné zdroje financovania v rámci EÚ (dotačné a grantové programy určené na podporu HPC),
- výnosy z predaja kapacity a služieb.

Podrobné rozdelenie financovania počas realizácie projektu je uvedené v kapitole 6.2 Analýza prínosov a nákladov jednotlivých alternatív. Zjednodušene, investícia do infraštruktúry IKT a vybudovania dátového centra, ako aj prevádzka počas prvých 4 rokov projektu (od roku 2022 do roku 2025) budú financované prevažne z Plánu obnovy a odolnosti, neskôr prevažne zo štátneho rozpočtu. Z hľadiska dlhodobej udržateľnosti projektu je dôležité realizovať projekt spôsobom, ktorý udrží pod kontrolou prevádzkové náklady a teda aj dopad na štátny rozpočet (pozri aj vyššie v texte tejto podkapitoly).

6.1.3.2 Metodika hodnotenia a hodnotenie možností vybudovania DC

Cieľom hodnotenia lokalít bolo čo možno najobjektívnejšie porovnať:

- scenár prestavby/výstavby existujúcej lokality vo verejnom vlastníctve (pozri v tabuľke nižšie posledné tri možnosti) voči kúpe hotového DC (prvé štyri možnosti) s ohľadom na to, že realizácia uvedených dvoch scenárov vyžaduje odlišné postupy
- jednotlivé možnosti realizácie v rámci scenárov navzájom (teda prvé štyri možnosti kúpy medzi sebou a podobne posledné tri medzi sebou)

Prieskum trhu priniesol ako jeden z výsledkov zoznam lokalít, ktoré bolo možné hodnotiť, keďže sa v týchto prípadoch podarilo včas získať potrebné informácie.

Týmto nie je nijako ovplyvnená možnosť akýchkoľvek iných subjektov zapojiť sa do súťaže. Predpokladáme, že na základe rozhodnutia objednávateľa bude príslušná súťaž zverejnená v príslušnom čase. Zoznam hodnotených lokalít je nasledovný:

Tabuľka 24: Hodnotené lokality v pre vybudovanie DC

ID	Subjekt	Spôsob realizácie	Pre konfigurácie ⁹⁷
1	DC (Datacube) Bratislava	Adaptácia -> nájom/kúpa	Basic + Extended
2	ST Tajov (Slovak Telecom)	Výstavba -> nájom/kúpa	Basic + Extended
3	PP Kostolné Kračany	Výstavba -> nájom/kúpa	Basic + Extended
4	Right Power Martin	Výstavba -> nájom/kúpa	Basic + Extended
5	CNIC (MH Invest) Košice	Výstavba	Basic + Extended
6	SAV Bratislava	Prestavba	Basic + Extended
7	TU Košice	Výstavba	Basic

Z hľadiska metodiky hodnotenia boli brané do úvahy vyššie uvedené aspekty, ktoré boli rozdelené do troch samostatne vyhodnocovaných dimenzií. Vyhodnotenia jednotlivých dimenzií boli následne agregované do spoločného pohľadu, zohľadňujúceho váhy jednotlivých dimenzií, priradené v konsenzuálne. Dimenzie a ich spôsob vyhodnotenia sú takéto:

Technické kritériá a súvisiace parametre

Prvou dimenziou boli technické kritériá, charakterizované súvisiacimi parametrami, ktoré sú popísané v predošlej podkapitole a ich prehľad nasleduje.

⁹⁷ Basic a Extended v stĺpci „Pre konfigurácie“ znamená, že pre príslušnú lokalitu sa skúmala možnosť umiestniť tieto dve konfigurácie HPC systému (t. j. naplnenie súvisiacich technických požiadaviek).

Tabuľka 25: Hodnotiace Kritériá DC a súvisiace hodnotené parametre

Kritérium	Parametre	KO ⁹⁸
Splnenie cieľov POO	Termín 1H/2025	Áno
	Energetická efektívnosť - PUE	Nie
Technická špecifikácia	Plocha, IT príkon	Áno
	Pripojenie na internet/telekomunikačné pripojenie	Áno
	Škálovateľnosť pre budúci rast / plocha energie	Nie
Príspevok do naplnenia energetickej efektivity	Obnoviteľné zdroje energie - fotovoltaika	Nie
	Spätné získavanie tepla	Nie
Aktuálna pripravenosť lokality	Plocha IT sály	Nie
	Dostupný dostatočný príkon EE	Nie
Skúsenosti s DC	Skúsenosti s projektovaním DC	Nie
	Skúsenosti s vybudovaním DC	Nie
	Skúsenosti s prevádzkou DC	Nie
Zodpovednosť za realizáciu	Dodávateľ prevezme zodpovednosť za výstavbu/adaptáciu DC	Nie
Objekt vo verejnom vlastníctve	Objekt DC je vo verejnom vlastníctve (minimalizácia rizík, minimalizácia nákladov)	Áno

Podrobnejší popis hodnotenia je uvedený v prílohe 8.5 *Hodnotiace kritériá alternatív realizácie DC*.

Lokality 2 (ST Tajov) a 7 (TU Košice) neboli ďalej hodnotené, nakoľko nespĺnili niektoré z povinných kritérií. V prípade lokality 2 nebola podľa výsledkov rokovania zadávateľa s dodávateľom možná kúpa DC, v prípade lokality 7 nebol k dispozícii dostatočný príkon pre konfiguráciu Extended.

Jednotlivým parametrom bolo podľa dostupných informácií (odpovede účastníkov prieskumu doplnené obhliadkou na mieste vo vybraných prípadoch) priradené expertné hodnotenie od 0 po 3, pričom súčet váhovaných hodnotení bol použitý ako výsledné hodnotenie pre danú lokalitu (vyšší súčet je považovaný za lepší).

Tabuľka 26: Výsledné hodnotenie podľa technických kritérií

Lokalita	Basic	Extended
DCBA	2,25	2,15
ST	-	-
PPKK	1,85	1,85
Right Power	1,85	1,95
CNIC	1,10	1,00
SAV	1,98	1,88
TUKE	0,82	-

⁹⁸ KO znamená parameter, naplnenie ktorého je povinné v každom hodnotenom prípade.

Pozn. Lokality označené pomlčkou (-) nesplnili niektoré z povinných kritérií, preto neboli vyhodnotené.

Riziká

Táto dimenzia odzrkadľuje predpokladanú rizikovosť vybudovania DC v jednotlivých lokalitách z hľadiska možného nedodržania termínov, kvalitatívnych parametrov prípadne nákladov/ceny. Detail pre jednotlivé uvažované možnosti/lokality aj s popisom predpokladaných dopadov a navrhovaných mitigačných opatrení je uvedený v prílohe 8.6 *Porovnanie rizík a ich mitigácia pri vybudovaní DC*.

Riziká boli ohodnotené podľa spôsobu zaužívaného v projektovom riadení ($2 \times Z + P$, pričom Z = Závažnosť rizika a P = Pravdepodobnosť jeho výskytu). Súhrn hodnotenia je uvedený v tabuľke nižšie, pričom vyššie číslo je považované za horšie.

Tabuľka 27: Výsledné hodnotenie podľa rizík

Lokalita	Basic	Extended
DCBA	79	79
ST	-	-
PPKK	81	81
Right Power	81	81
CNIC	82	83
SAV	79	80
TUKE	82	-

Náklady

Hodnotenie nákladovosti nadobudnutia DC v jednotlivých lokalitách vychádzalo z údajov popísaných v kapitole 6.2 *Analýza nákladov a prínosov jednotlivých alternatív* a porovnávalo náklady na prestavbu/výstavbu s nákladmi na kúpu DC. Výška nákladov je závislá na konfigurácii infraštruktúry, ktorá má byť v dátovom centre umiestnená, ale vo všeobecnosti, najnižšie sú náklady na prestavbu existujúcej budovy a najvyššie sú náklady na kúpu budovy od komerčného subjektu. Pri hodnotení najvyššiu známku (1) získal najlacnejší variant, ostatné získali nižšiu známku v pomere cien. Treba zdôrazniť, že všetky uvažované náklady sú expertné odhady s využitím odpovedí v prieskume (čo sú takisto odhadované hodnoty) a osobnej obhliadky v relevantných prípadoch. Odhady nákladov s rozdelením podľa jednotlivých konfigurácií IKT sú popísané v kapitole 6.2.1.1 *Investičné náklady*. Pre súhrnné porovnanie boli zvolené investičné náklady a celkové náklady projektu.

Súhrnné hodnotenie

Návrh na súhrnné hodnotenie vychádza zo snahy umožniť čitateľovi zjednodušený jednotný pohľad naprieč jednotlivými dimenziami. Hodnotenia dimenzií Technické kritériá resp. Riziká boli znormalizované podobne ako dimenzia Náklady, teda najlepšie hodnotenie získalo známku 1, ostatné pomerne nižšiu známku. Hodnotenie lokalít, ktoré nesplnili niektorú z povinných požiadaviek neboli vzaté do úvahy.

Výsledné porovnanie pre dve zvolené kombinácie váhovania dimenzií je nasledovné:

Tabuľka 28: Použité kombinácie váhovania dimenzií

	Váhy 1	Váhy 2
Náklady	30%	40%
Kritériá	40%	30%
Riziká	30%	30%

Tabuľka 29: Porovnanie naprieč dimenziami pri investičných nákladoch

	Basic	Extended	Basic	Extended
	Váhy 1		Váhy 2	
DCBA	0,8963	0,9178	0,8617	0,8904
ST	-	-	-	-
PPKK	0,8177	0,8546	0,8009	0,8411
Right Power	0,8177	0,8732	0,8009	0,8551
CNIC	0,6950	0,7279	0,7162	0,7668
SAV	0,9520	0,9460	0,9640	0,9586
TUKE	0,7302	-	0,7922	-

Tabuľka 30: Porovnanie naprieč dimenziami pri celkových nákladoch

	Basic	Extended	Basic	Extended
	Váhy 1		Váhy 2	
DCBA	0,9739	0,9814	0,9652	0,9752
ST	-	-	-	-
PPKK	0,8954	0,9182	0,9045	0,9259
Right Power	0,8954	0,9368	0,9045	0,9399
CNIC	0,7608	0,7497	0,8040	0,7959
SAV	0,9520	0,9460	0,9640	0,9586
TUKE	0,7286	-	0,7901	-

Z uvedených porovnaní vyplýva, že rozhodnutie o výslednom umiestnení je závislé od zvolených preferencií, teda či sú viac preferované náklady (Váhy 2) alebo splnenie kritérií (Váhy 1). Nakoľko pri celkových nákladoch je kľúčovou nákladovou položkou cena energie, ktorá prakticky nezávisí od zvolenej lokality, cenové rozdiely sa stierajú. Záver analýzy pre dva stanovené ciele hodnotenia je teda tento:

- a) scenár prestavby/výstavby existujúcej lokality (vo verejnom vlastníctve) voči kúpe hotového DC sa javí mierne výhodnejší pri preferovaní hodnotenia

investičných nákladov, zatiaľ čo preferencia hodnotiacich kritérií pred nákladmi vyrovnáva skóre pri celkových nákladoch,

- b) z porovnania lokalít 1 až 4 vychádza najvhodnejšie lokalita 1 (DC BA).
Porovnanie v rámci lokalít 5 až 7 zas favorizuje lokalitu 6 (SAV).

6.2 Analýza nákladov a prínosov jednotlivých alternatív

6.2.1 Analýza nákladov

Táto kapitola popisuje predpokladané náklady počas desiatich rokov projektu v rozdelení na investičné a prevádzkové náklady súvisiace s prevádzkovaním centra HPC a na náklady súvisiace s podporou ekosystému. Všetky náklady sú uvedené v súčasných cenách (druhý a tretí kvartál 2022).

6.2.1.1 Investičné náklady

Investičné náklady na HW a aplikačné vybavenie

Investičné náklady na nákup hardvéru a aplikačného vybavenia zahŕňajú nákup hardvéru a aplikačného vybavenia, inštaláciu hardvéru a jeho uvedenie do prevádzky. Nákup vo fáze 1 bude realizovaný v treťom roku projektu (2024), nákup vo fáze 2 bude realizovaný v štvrtom roku projektu (2025). Investícia bude financovaná z POO. Predpokladané náklady na IKT boli určené na základe výsledkov prieskumu trhu.

Tabuľka 31: Investičné náklady – HW, SW

Náklady na HW a aplikačné vybavenie					
Obdobie	Basic	Extended	Basic Experimental	Extended Experimental	Outsourcing
1 (2022)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
2 (2023)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
3 (2024)	6 546 000,00 €	6 546 000,00 €	3 925 200,00 €	3 925 200,00 €	0,00 €
4 (2025)	27 330 000,00 €	56 130 000,00 €	5 950 800,00 €	34 750 800,00 €	0,00 €
5 (2026)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
6 (2027)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
7 (2028)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
8 (2029)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
9 (2030)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
10 (2031)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Spolu	33 876 000,00 €	62 676 000,00 €	9 876 000,00 €	38 676 000,00 €	0,00 €

Investičné náklady na realizáciu dátového centra - prestavba

Investičné náklady na realizáciu dátového centra zahŕňajú náklady na rekonštrukciu existujúcich priestorov pre dátové centrum, vybudovanie chladenia a inštaláciu fotovoltaiiky (voliteľne ešte úpravy pre odber odpadového tepla). Investícia bude realizovaná v dvoch fázach. V druhom a treťom roku projektu (2023-24) bude

rekonštrukciou existujúcich priestorov zabezpečené dočasné umiestnenie pre HW zakúpený vo fáze 1. V priebehu druhého až štvrtého roku projektu (2023-25) prebehne rekonštrukcia zvoleného cieľového umiestnenia.

Tabuľka 32: Investičné náklady - dátové centrum (prestavba)

Náklady na DC - prestavba					
Obdobie	Basic	Extended	Basic Experimental	Extended Experimental	Outsourcing
1 (2022)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
2 (2023)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
3 (2024)	7 800 000,00 €	15 240 000,00 €	7 800 000,00 €	15 240 000,00 €	0,00 €
4 (2025)	8 799 283,68 €	21 879 283,68 €	8 799 283,68 €	21 879 283,68 €	0,00 €
5 (2026)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
6 (2027)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
7 (2028)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
8 (2029)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
9 (2030)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
10 (2031)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Spolu	16 599 283,68 €	37 119 283,68 €	16 599 283,68 €	37 119 283,68 €	0,00 €

Investičné náklady na realizáciu dátového centra – kúpa priestorov

Investičné náklady tejto alternatívy realizácie dátového centra zahŕňajú náklady na kúpu priestorov upravených podľa požiadaviek infraštruktúry HPC (vrátane chladenia) a náklady na inštaláciu fotovoltickej elektrárne⁹⁹. Ani jeden z oslovených subjektov v rámci RFI nestanovil cenu nehnuteľnosti v prípade kúpy, preto bola predpokladaná cena nehnuteľnosti odvodená z ceny prenájmu (návratnosť hodnoty budovy do 5 rokov s navýšením o maržu 30 %).

Investícia bude realizovaná v dvoch fázach. V druhom a treťom roku projektu (2023-24) bude rekonštrukciou existujúcich priestorov zabezpečené dočasné umiestnenie pre HW zakúpený vo fáze 1. V štvrtom roku projektu (2025) budú zakúpené cieľové priestory dátového centra. Investícia bude financovaná z POO.

⁹⁹ Predpokladané náklady na inštaláciu fotovoltickej elektrárne boli vyrátané na základe údajov pre lokalitu SAV. Údaje o dostupnej ploche pre inštaláciu solárnych panelov v ostatných porovnávaných lokalitách neboli v čase vypracovania štúdie k dispozícii.

Tabuľka 33: Investičné náklady - dátové centrum (kúpa)

Náklady na DC - kúpa priestorov/nehnuteľnosti					
Obdobie	Basic	Extended	Basic Experimental	Extended Experimental	Outsourcing
1 (2022)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
2 (2023)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
3 (2024)	600 000,00 €	600 000,00 €	600 000,00 €	600 000,00 €	0,00 €
4 (2025)	25 335 283,68 €	52 011 283,68 €	25 335 283,68 €	52 011 283,68 €	0,00 €
5 (2026)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
6 (2027)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
7 (2028)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
8 (2029)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
9 (2030)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
10 (2031)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Spolu	25 935 283,68 €	52 611 283,68 €	25 935 283,68 €	52 611 283,68 €	0,00 €

6.2.1.2 Prevádzkové náklady

Prevádzkové náklady sú podrobne popísané v kapitole 5.2.3 Očakávané prevádzkové náklady. Počnúc nákupom softvérového vybavenia v treťom a v štvrtom roku projektu (2024 a 2026) bude každoročne hradený softvérový maintenance. Pri zakúpení HW so zárukou na 5 rokov sa nákup hardvérového maintenance posúva do ôsmeho roku projektu (2029). Predpokladaná cena maintenance je vyrátaná vo výške 10 % z investičných nákladov. Predpokladané náklady na poistenie boli určené vo výške 0,05 % z nákladov na hardvér počnúc tretím rokom projektu. Náklady na facility management sú vyrátané vo výške 2,5 % z investície do realizácie dátového centra s nábehom od tretieho roku projektu (uviedenie dočasného umiestnenia do prevádzky) a zvýšením nákladov od piateho roku projektu (uviedenie cieľového umiestnenia do prevádzky). Náklady na energie sú odvodené z aktuálneho zvýšenia cien energií, predpokladu ich ďalšieho zvyšovania a následného zníženia na súčasnú cenu. Tieto náklady sú znížené o predpokladanú úsporu vďaka fotovoltickej elektrárni. Začínajú sa v treťom roku projektu (2024) spotrebou v dočasnom umiestnení. V štvrtom roku projektu (2025) spotreba stúpne o 1/3 počas inštalácie a testovania cieľovej infraštruktúry. Počnúc piatym rokom projektu (2026) očakávame spotrebu energie v plnej výške dočasného a cieľového umiestnenia. Personálne náklady vychádzajú z predpokladaného počtu zamestnancov potrebných na prevádzku HW a dátového centra.

Náklady na scenár Outsourcing boli vyrátané s predpokladaným nákupom kapacity v rozsahu požiadaviek používateľov HPC (na základe prieskumu uvedeného v prílohe 8.1 Prieskum požiadaviek na výkon/kapacity HPC).

Tabuľka 34: Prevádzkové náklady (prestavba, kúpa)

Prevádzkové náklady - prestavba a kúpa					
Obdobie	Basic	Extended	Basic Experimental	Extended Experimental	Outsourcing
1 (2022)	378 073,20 €	378 073,20 €	378 073,20 €	378 073,20 €	378 073,20 €
2 (2023)	841 857,84 €	841 857,84 €	841 857,84 €	841 857,84 €	15 167 499,72 €
3 (2024)	2 960 393,70 €	3 473 393,70 €	2 968 683,73 €	3 481 683,73 €	29 630 361,36 €
4 (2025)	8 501 633,63 €	14 086 659,23 €	7 040 672,45 €	16 409 743,66 €	39 379 671,20 €
5 (2026)	16 721 477,38 €	32 474 099,52 €	12 514 411,78 €	38 898 684,32 €	49 129 245,34 €
6 (2027)	16 758 862,82 €	32 520 831,32 €	12 551 797,22 €	38 951 023,94 €	49 138 591,70 €
7 (2028)	16 797 369,82 €	32 568 965,07 €	12 590 304,22 €	39 004 933,74 €	49 148 218,45 €
8 (2029)	17 477 832,04 €	33 259 342,84 €	13 008 686,44 €	39 439 180,84 €	49 158 134,01 €
9 (2030)	20 237 884,12 €	38 909 607,94 €	13 630 818,52 €	42 957 653,76 €	49 168 347,03 €
10 (2031)	20 279 961,76 €	38 962 205,00 €	13 672 896,16 €	43 016 562,46 €	49 178 866,44 €
Spolu	120 955 346,30 €	227 475 035,66 €	89 198 201,54 €	263 379 397,48 €	379 477 008,45 €

V prípade realizácie dátového centra formou prenájmu housingu sa prevádzkové náklady zvýšia o cenu prenájmu. Cena prenájmu bola určená prieskumom medzi poskytovateľmi housingu. Prenájom začne v polovici štvrtého roku Pri tomto scenári sa náklady znížia o prevádzku DC (facility mangement), ktorý bude zodpovednosťou poskytovateľa housingu a o inštaláciu fotovoltickej elektrárne. Zároveň sa náklady na energiu zvýšia o predpokladanú úsporu vďaka fotovoltickej elektrárni.

Tabuľka 35: Prevádzkové náklady (prenájom)

Prevádzkové náklady - prenájom					
Obdobie	Basic	Extended	Basic Experimental	Extended Experimental	Outsourcing
1 (2022)	378 073,20 €	378 073,20 €	378 073,20 €	378 073,20 €	378 073,20 €
2 (2023)	841 857,84 €	841 857,84 €	841 857,84 €	841 857,84 €	15 167 499,72 €
3 (2024)	2 582 393,70 €	2 582 393,70 €	2 590 683,73 €	2 590 683,73 €	29 630 361,36 €
4 (2025)	10 160 729,63 €	17 138 746,43 €	8 699 768,45 €	19 461 830,86 €	39 379 671,20 €
5 (2026)	20 818 910,96 €	39 870 515,50 €	16 611 845,36 €	46 295 100,31 €	49 129 245,34 €
6 (2027)	20 856 296,40 €	39 917 247,30 €	16 649 230,80 €	46 347 439,92 €	49 138 591,70 €
7 (2028)	20 894 803,41 €	39 965 381,06 €	16 687 737,81 €	46 401 349,73 €	49 148 218,45 €
8 (2029)	21 575 265,62 €	40 014 958,83 €	17 106 120,02 €	46 835 596,83 €	49 158 134,01 €
9 (2030)	24 335 317,70 €	40 706 823,93 €	17 728 252,10 €	50 354 069,74 €	49 168 347,03 €
10 (2031)	24 377 395,35 €	46 358 620,98 €	17 770 329,75 €	50 412 978,44 €	49 178 866,44 €
Spolu	146 821 043,82 €	267 774 618,78 €	115 063 899,06 €	309 918 980,60 €	379 477 008,45 €

6.2.1.3 Náklady na rozvoj ekosystému

Náklady na rozvoj ekosystému budú pozostávať zo mzdových nákladov určených na personál vyhradený pre podporu ekosystému a z nákladov na realizované aktivity podpory, ktoré budú zahŕňať:

- Grantové schémy pre sprostredkovateľov (adaptácia softvéru pre špecifické cieľové skupiny - MSP),
- Grantové schémy pre sprostredkovateľov (adaptácia softvéru pre špecifické cieľové skupiny – štátna a verejná správa),
- Školenia pre vývojárov aplikácií,
- Školenia pre používateľov (akademická sféra a OVM),
- Propagáciu HPC (komunikácia, marketing, eventy, podpora predaja...).

Tabuľka 36: Náklady na podporu ekosystému

Podpora ekosystému					
Obdobie	Basic	Extended	Basic Experimental	Extended Experimental	Outsourcing
1 (2022)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
2 (2023)	1 855 324,36 €	1 855 324,36 €	1 855 324,36 €	1 855 324,36 €	1 855 324,36 €
3 (2024)	4 468 306,82 €	4 468 306,82 €	4 468 306,82 €	4 468 306,82 €	4 468 306,82 €
4 (2025)	6 024 712,05 €	6 024 712,05 €	6 024 712,05 €	6 327 183,25 €	6 024 712,05 €
5 (2026)	5 115 453,41 €	5 115 453,41 €	5 115 453,41 €	5 426 998,75 €	5 115 453,41 €
6 (2027)	5 208 917,01 €	5 208 917,01 €	5 208 917,01 €	5 529 808,71 €	5 208 917,01 €
7 (2028)	4 305 184,52 €	4 305 184,52 €	4 305 184,52 €	4 635 702,97 €	4 305 184,52 €
8 (2029)	4 404 340,05 €	4 404 340,05 €	4 404 340,05 €	4 744 774,06 €	4 404 340,05 €
9 (2030)	4 006 470,26 €	4 006 470,26 €	4 006 470,26 €	4 357 117,28 €	4 006 470,26 €
10 (2031)	4 111 664,36 €	4 111 664,36 €	4 111 664,36 €	4 472 830,80 €	4 111 664,36 €
Spolu	39 500 372,83 €	39 500 372,83 €	39 500 372,83 €	41 818 047,00 €	39 500 372,83 €

6.2.2 Analýza výnosov a prínosov

6.2.2.1 Finančné výnosy

Možné zdroje finančných výnosov sú popísané v kapitole 5.2.4 Očakávané výnosy. Do výpočtu predpokladaných výnosov však bol zaradený len predaj kapacity HPC a súvisiacich služieb. Pri výpočte výnosov projektu boli zohľadnené nasledujúce okolnosti:

- objem predaja služieb iných centier HPC v Európe financovaných z verejných zdrojov,
- na Slovensku v súčasnosti neexistuje fungujúci ekosystém HPC,
- predpokladané poskytovanie kapacity pre EuroHPC bude 35 % maximálnej dostupnej kapacity,

— na hospodársku činnosť je možné využiť maximálne 20 % prostriedkov (pravidlá štátnej pomoci).

Na základe toho boli vytvorené dva scenáre. Prvý (konzervatívny) predpokladá predaj služieb HPC vo výške 0,5 % od štvrtého roku projektu s nárastom na 5 % v desiatom roku projektu.

Tabuľka 37: Predpokladaný predaj služieb HPC (konzervatívny scenár)

Predpokladané výnosy z predaja kapacity a služieb - konzervatívny scenár					
Obdobie	Basic	Extended	Basic Experimental	Extended Experimental	Outsourcing
1 (2022)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
2 (2023)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
3 (2024)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
4 (2025)	31 925,35 €	31 925,35 €	24 291,74 €	24 291,74 €	273 648,00 €
5 (2026)	63 850,69 €	63 850,69 €	48 583,49 €	48 583,49 €	680 880,00 €
6 (2027)	698 429,00 €	1 542 143,15 €	454 555,44 €	1 599 596,06 €	1 021 320,00 €
7 (2028)	931 238,67 €	2 056 190,86 €	606 073,92 €	2 132 794,75 €	1 361 760,00 €
8 (2029)	1 396 858,00 €	3 084 286,29 €	909 110,87 €	3 199 192,12 €	2 042 640,00 €
9 (2030)	1 862 477,34 €	4 112 381,72 €	1 212 147,83 €	4 265 589,50 €	2 723 520,00 €
10 (2031)	2 328 096,67 €	5 140 477,15 €	1 515 184,79 €	5 331 986,87 €	3 404 400,00 €
Spolu	7 312 875,72 €	16 031 255,21 €	4 769 948,08 €	16 602 034,53 €	11 508 168,00 €

Druhý scenár (s podporou ekosystému) vychádza z predpokladu, že rozvoj a podpora ekosystému spôsobia zvýšenie dopytu po službách HPC, vďaka čomu je očakávaný predaj služieb vo výške 1 % kapacity v štvrtom roku s nárastom na 10 % v desiatom roku projektu.

Tabuľka 38: Predpokladaný predaj služieb HPC (scenár s podporou ekosystému)

Predpokladané výnosy z predaja kapacity a služieb - optimistický scenár					
Obdobie	Basic	Extended	Basic Experimental	Extended Experimental	Outsourcing
1 (2022)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
2 (2023)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
3 (2024)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
4 (2025)	63 850,69 €	63 850,69 €	48 583,49 €	48 583,49 €	547 296,00 €
5 (2026)	127 701,39 €	127 701,39 €	97 166,97 €	97 166,97 €	1 361 760,00 €
6 (2027)	1 396 858,00 €	3 084 286,29 €	909 110,87 €	3 199 192,12 €	2 042 640,00 €
7 (2028)	1 862 477,34 €	4 112 381,72 €	1 212 147,83 €	4 265 589,50 €	2 723 520,00 €
8 (2029)	2 793 716,01 €	6 168 572,58 €	1 818 221,75 €	6 398 384,24 €	4 085 280,00 €
9 (2030)	3 724 954,68 €	8 224 763,44 €	2 424 295,66 €	8 531 178,99 €	5 447 040,00 €
10 (2031)	4 656 193,34 €	10 280 954,30 €	3 030 369,58 €	10 663 973,74 €	6 808 800,00 €
Spolu	14 625 751,45 €	32 062 510,43 €	9 539 896,16 €	33 204 069,05 €	23 016 336,00 €

Tretí scenár (optimistický) vychádza z predpokladu, že rozvoj a podpora ekosystému spôsobia kontinuálne výrazné zvýšenie dopytu po službách HPC, vďaka čomu je očakávaný predaj služieb vo výške 2 % kapacity v štvrtom roku s nárastom na 20 % v desiatom roku projektu.

Tabuľka 39: Predpokladaný predaj služieb HPC (optimistický scenár)

Predpokladané výnosy z predaja kapacity a služieb - optimistický scenár					
Obdobie	Basic	Extended	Basic Experimental	Extended Experimental	Outsourcing
1 (2022)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
2 (2023)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
3 (2024)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
4 (2025)	127 701,39 €	127 701,39 €	97 166,97 €	97 166,97 €	1 094 592,00 €
5 (2026)	255 402,78 €	255 402,78 €	194 333,94 €	194 333,94 €	2 723 520,00 €
6 (2027)	2 793 716,01 €	6 168 572,58 €	1 818 221,75 €	6 398 384,24 €	4 085 280,00 €
7 (2028)	3 724 954,68 €	8 224 763,44 €	2 424 295,66 €	8 531 178,99 €	5 447 040,00 €
8 (2029)	5 587 432,01 €	12 337 145,16 €	3 636 443,50 €	12 796 768,49 €	8 170 560,00 €
9 (2030)	7 449 909,35 €	16 449 526,89 €	4 848 591,33 €	17 062 357,99 €	10 894 080,00 €
10 (2031)	9 312 386,69 €	20 561 908,61 €	6 060 739,16 €	21 327 947,48 €	13 617 600,00 €
Spolu	29 251 502,90 €	64 125 020,85 €	19 079 792,32 €	66 408 138,11 €	46 032 672,00 €

6.2.2.2 Ekonomické prínosy

Podkladom pre výpočet ekonomických prínosov boli zistenia zo štúdie spoločnosti Hyperion „Economic Models Linking HPC and ROI¹⁰⁰“ popísané v kapitole 4.2

¹⁰⁰ <https://www.hpcuserforum.com/ROI/>

Ekonomické prínosy investícií do HPC pre klientov centra HPC. Štúdia analyzovala návratnosť a prínosy projektov, ktoré využívajú služby HPC. Výpočet predpokladaných ekonomických prínosov pre klientov centra HPC vychádzal z predpokladu, že:

- Do výpočtu sú zaradené len výnosy centra HPC, t. j. vo výpočte nie sú zohľadnené služby a kapacita poskytované bezplatne pre akademický sektor, OVM, ani MSP.
- Štúdia uvádza výrazný rozdiel medzi priemerným výnosom z investície do HPC a priemernou úsporou/ziskom dosiahnutou vďaka investícii do HPC. V záujme vylúčenia dvojitého zarátania prínosu výpočet predpokladá, že výsledkom 50 % investícií bude výnos a výsledkom 50 % bude úspora/zisk.

Celkový predpokladaný výnos z investície klienta do nákupu služieb HPC je 288,7 € na každé investované euro a celková predpokladaná úspora nákladov z investície klienta do nákupu služieb HPC je 48 € na každé investované euro (uvedené údaje sa týkajú štátov EU). Keďže výnos alebo úspora z prvej investície sa prejaví až po dvoch rokoch, teda až v šiestom roku projektu, uvažovali sme ročný výnos alebo úsporu vo výške 1/5 celkového výnosu alebo úspory ročne, teda 57,74 € a 9,60 €. V záujme eliminácie dvojnásobného započítania prínosov z jednej investície sme započítali výnos z 50 % investícií a úsporu z 50 % investícií.

Keďže ekonomické prínosy pre klientov HPC sú odvodené od výnosov centra HPC, aj tento výpočet je založený na viacerých scenároch predaja služieb HPC.

Tabuľka 40: Ekonomické prínosy pre klientov centra HPC (konzervatívny scenár)

Predpokladané prínosy pre klientov - konzervatívny scenár					
Obdobie	Basic	Extended	Basic Experimental	Extended Experimental	Outsourcing
1 (2022)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
2 (2023)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
3 (2024)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
4 (2025)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
5 (2026)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
6 (2027)	1 074 926,44 €	1 074 926,44 €	817 902,99 €	817 902,99 €	9 213 728,16 €
7 (2028)	3 224 779,32 €	3 224 779,32 €	2 453 708,96 €	2 453 708,96 €	32 138 957,76 €
8 (2029)	26 740 883,80 €	55 148 739,03 €	17 758 590,53 €	56 312 108,34 €	66 526 802,16 €
9 (2030)	58 095 689,78 €	124 380 685,32 €	38 165 099,29 €	128 123 307,51 €	112 377 261,36 €
10 (2031)	105 127 898,75 €	228 228 604,74 €	68 774 862,43 €	235 840 106,27 €	181 152 950,16 €
Spolu	194 264 178,10 €	412 057 734,85 €	127 970 164,20 €	423 547 134,08 €	401 409 699,60 €

Tabuľka 41: Ekonomické prínosy pre klientov centra HPC (scenár s podporou ekosystému)

Predpokladané prínosy pre klientov - konzervatívny scenár					
Obdobie	Basic	Extended	Basic Experimental	Extended Experimental	Outsourcing
1 (2022)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
2 (2023)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
3 (2024)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
4 (2025)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
5 (2026)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
6 (2027)	2 149 852,88 €	2 149 852,88 €	1 635 805,98 €	1 635 805,98 €	18 427 456,32 €
7 (2028)	6 449 558,64 €	6 449 558,64 €	4 907 417,93 €	4 907 417,93 €	64 277 915,52 €
8 (2029)	53 481 767,61 €	110 297 478,07 €	35 517 181,06 €	112 624 216,68 €	133 053 604,32 €
9 (2030)	116 191 379,57 €	248 761 370,63 €	76 330 198,58 €	256 246 615,03 €	224 754 522,72 €
10 (2031)	210 255 797,50 €	456 457 209,48 €	137 549 724,85 €	471 680 212,54 €	362 305 900,32 €
Spolu	388 528 356,20 €	824 115 469,70 €	255 940 328,40 €	847 094 268,15 €	802 819 399,20 €

Tabuľka 42: Ekonomické prínosy pre klientov centra HPC (optimistický scenár)

Predpokladané prínosy pre klientov - optimistický scenár					
Obdobie	Basic	Extended	Basic Experimental	Extended Experimental	Outsourcing
1 (2022)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
2 (2023)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
3 (2024)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
4 (2025)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
5 (2026)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
6 (2027)	4 299 705,76 €	4 299 705,76 €	3 271 611,95 €	3 271 611,95 €	36 854 912,64 €
7 (2028)	12 899 117,28 €	12 899 117,28 €	9 814 835,86 €	9 814 835,86 €	128 555 831,04 €
8 (2029)	106 963 535,22 €	220 594 956,13 €	71 034 362,13 €	225 248 433,37 €	266 107 208,64 €
9 (2030)	232 382 759,13 €	497 522 741,26 €	152 660 397,16 €	512 493 230,05 €	449 509 045,44 €
10 (2031)	420 511 595,00 €	912 914 418,96 €	275 099 449,70 €	943 360 425,07 €	724 611 800,64 €
Spolu	777 056 712,40 €	1 648 230 939,40 €	511 880 656,80 €	1 694 188 536,31 €	1 605 638 798,40 €

6.2.3 Očakávané prevádzkové náklady

Štruktúra nákladov je závislá na zvolenom scenári pre projekt. Vychádzame ale z predpokladu, že služby HPC budú poskytované prostredníctvom infraštruktúry HPC. Tá bude umiestnená v datacentre, ktoré môže byť vo vlastníctve poskytovateľa služieb HPC a ten ho bude aj prevádzkovať alebo bude umiestnená v prenajatom datacentre. Prevádzka budúceho centra HPC a podpora ekosystému bude pozostávať z nasledujúcich skupín nákladov:

- facility management,
- údržba HW a SW a budúce inovácie (upgrade IKT),
- mzdové náklady,
- ostatné náklady.

Všetky tieto výdavky sú dôležité a nevyhnutné na udržanie prevádzky centra HPC. Z hľadiska rozvoja ekosystému HPC na Slovensku je však extrémne dôležité zabezpečiť komunikáciu a podporu nielen pre existujúcich klientov centra HPC. Úspech projektu nevyhnutne vyžaduje zabezpečenie tímu podpory pre potenciálnych nových klientov centra HPC, ako napríklad malé a stredné podniky.

6.2.3.1 Priestory

Facility management je súbor metód riadenia, ktoré pomáhajú v organizáciách zladit' pracovné prostredie, pracovníkov a pracovné činnosti. V kontexte tejto štúdie je to skupina nákladov, ktorá zahŕňa správu priestorov dátového centra, v ktorom je umiestnená infraštruktúra HPC, správu administratívnych priestorov určených pre personál technickej podpory pre infraštruktúru HPC, správu administratívnych priestorov pre personál podpory ekosystému HPC, režijné náklady (energie, výkonné internetové pripojenie, spracovanie odpadového tepla a ďalšie prevádzkové náklady).

6.2.3.2 Údržba a podpora HW a SW a budúce inovácie

Za účelom zabezpečenia čo možno bezproblémovej prevádzky centra HPC bude počas celého obdobia projektu potrebné zabezpečiť hardvérovú a softvérovú podporu (maintenance). Softvérovú podporu bude potrebné mať zakúpenú počas celého trvania projektu. Pokiaľ ide o hardvérový maintenance, najefektívnejším riešením je zakúpiť hardvér s predĺženou zárukou na 5 rokov, vďaka čomu bude hardvérovú podporu potrebné zakúpiť až v piatom roku. Po piatich rokoch však bude hardvér zastaralý a navyše, cena za hardvérový maintenance postupom času priebežne narastá. Cena hardvérového maintenance za ďalších 5 rokov projektu pravdepodobne dosiahne budúcu hodnotu nového hardvéru a vzhľadom na zrýchľovanie vývoja v tejto oblasti inovácia HW umožní získať za rovnakú cenu vyššiu hodnotu. Z toho dôvodu je inovácia hardvéru hospodárnejšou cestou udržateľnosti projektu.

6.2.3.3 Mzdové náklady

Personálne kapacity niekoľkých ďalších centier HPC v Európe sú uvedené v tabuľke Prehľad počtu zamestnancov v centrách HPC, ich priemerné hodnoty sú porovnané s navrhovanými požiadavkami na personálne kapacity novo vytvoreného centra HPC na Slovensku v nasledujúcej tabuľke. Návrh bol konzultovaný s vedením VS SAV a odráža situáciu na trhu práce a doterajšie skúsenosti s prevádzkou superpočítača.

Tabuľka 43: Predpokladané požiadavky na personálne kapacity centra HPC

Predpokladané kapacity centra HPC ¹⁰¹			
	Technická podpora	Klientska podpora	Ekosystém
Priemerné hodnoty EuroHPC centier	20 FTE	28 FTE	250+ FTE
Návrh na kapacity v NSCC¹⁰²	13 FTE	12 FTE	50 FTE
Existujúci personál vo CSČ SAV	6 FTE	3 FTE	4 FTE
Novovytvorené pracovné miesta	5 FTE	9 FTE	61 FTE

Návrh predpokladá presun časti pracovníkov technickej a klientskej podpory VS SAV do NSCC alebo podobnú úpravu. Navrhovaný počet pracovníkov sa líši podľa scenára realizácie. Presné počty pre jednotlivé scenáre sú uvedené v kapitole 8.6 *Finančný model*.

Pozornosť navrhujeme zamerať najmä na položku rozvoj ekosystému („Ekosystém“). Tento návrh ráta s vlastnými pracovníkmi NSCC v uvedenom počte, avšak podobne ako v iných krajinách, je tu treba rátať so synergickým efektom, teda kooperatívne doplnenie potrebných kapacít prostredníctvom členov NSCC (univerzity, ústavy SAV) najmä v oblastiach osvetu, podpory výskumu a vzdelávania. Takže podobne ako inde, aj tu vidíme cieľovo viac ako 150 FTE prierezovo cez celé Slovensko.

6.2.3.4 Ostatné náklady

Ostatné náklady zahŕňajú propagáciu, marketingovú komunikáciu, náklady na priamy a nepriamy predaj kapacít, medzinárodnú spoluprácu, certifikáciu, poistenia, školenia pre personál centra HPC a podobne.

6.2.4 Očakávané výnosy

Predpokladáme niekoľko možností, ktorými môže prevádzkovateľ HPC generovať výnosy, ktoré môže následne využiť na financovanie prevádzky. V závislosti na zvolených scenároch tieto možnosti zahŕňajú:

- komerčný predaj kapacity HPC,
- predaj podporných služieb a školení,

¹⁰¹ (FTE = full time equivalent)

¹⁰² Predpokladaný počet zamestnancov v prípade scenára Extended

- prenájom dátového centra,
- predaj odpadového tepla.

Aj napriek využitiu týchto možností však nie je možné predpokladať udržateľné samofinancovanie prevádzky HPC. Po vyčerpaní prostriedkov z POO ju bude nutné financovať prevažne s využitím verejných zdrojov a štátneho rozpočtu, s čiastočným využitím iných zdrojov EÚ.

6.2.4.1 Komerčný predaj kapacity HPC

Komerčný predaj kapacity základným predpokladaným výnosom, ktorý môže prevádzkovateľ HPC použiť na financovanie prevádzky. V súlade s pravidlami štátnej pomoci však nesmie komerčný predaj služieb prekročiť 20 % pomocnej kapacity HPC.

6.2.4.2 Predaj podporných služieb a školení

Tím klientskej podpory pre odberateľov služieb HPC bude poskytovať nielen služby technickej podpory ako je príprava prostredia a poskytovanie prístupov, ale pomôžu aj pri špecifikácii požiadavky. V prípade akademických subjektov predpokladáme, že tieto služby budú poskytované bezplatne. V prípade komerčných klientov však pôjde o platené služby.

6.2.4.3 Prenájom dátového centra

V prípade scenára, keď bude mať prevádzkovateľ vo vlastníctve dátové centrum, ktoré nebude nejaký čas alebo natrvalo plne využité, môže v dátovom centre poskytovať platené služby housingu iným subjektom. Túto možnosť však považujeme skôr za teoretickú, keďže prevádzkovateľ zrejme nebude mať predpoklady a kapacity na poskytovanie komerčných služieb housingu iným subjektom, nakoľko sa s dodatočnými nákladmi na vytvorenie týchto predpokladov nepočíta v rozpočte projektu (vybavenie DC na úroveň T4, personálne kapacity atď.).

6.2.4.4 Predaj odpadového tepla

Prevádzka HPC IKT vyžaduje vysoko výkonné chladenie vodou. V závislosti na zvolenom scenári môže prevádzkovateľ namiesto rozptýlenia zvyškového tepla poskytovať toto teplo odberateľom, napríklad geograficky blízkym administratívnym budovám. Nakoľko v čase písania štúdie neboli dostupné dostatočne spoľahlivé odhady možností a cien (napr. ešte nedokončený inžiniersky prieskum areálu SAV alebo nedostupné komerčné podmienky takéhoto predaja od alternatívnych poskytovateľov služieb DC), v rámci tejto štúdie sme s touto možnosťou neuvažovali.

6.2.5 Porovnanie nákladov a prínosov

Kombinácie rôznych alternatív IKT a realizácie DC vytvárajú 13 rôznych nákladových scenárov realizácie projektu. Predpokladanú návratnosť projektu zistíme porovnaním nákladov na jednotlivé scenáre (celkové náklady) s predpokladanými finančnými výnosmi a ekonomickými prínosmi (spolu celkové prínosy) projektu.

Tabuľka 44: Porovnanie nákladov a prínosov (konzervatívny scenár)

Scenár	Celkové náklady	Celkové prínosy	Rozdiel
Outsourcing HPC	379 477 008,45	412 917 867,60	33 440 859,15
Prenájom Basic	178 271 560,62	201 577 053,82	23 305 493,21
Prenájom Basic Experimentálny	123 876 771,06	117 553 670,17	-6 323 100,89
Prenájom Extended	325 003 101,18	428 088 990,06	103 085 888,89
Prenájom Extended Experimentálny	341 028 243,80	424 962 726,49	83 934 482,69
Rekonštrukcia Basic	166 368 050,78	201 577 053,82	35 209 003,05
Rekonštrukcia Basic Experimentálny	111 973 261,22	117 553 670,17	5 580 408,95
Rekonštrukcia Extended	317 279 714,54	428 088 990,06	110 809 275,53
Rekonštrukcia Extended Experimentálny	327 064 857,16	424 962 726,49	97 897 869,33
Kúpa Basic	175 704 050,78	201 577 053,82	25 873 003,05
Kúpa Basic Experimentálny	121 309 261,22	117 553 670,17	-3 755 591,05
Kúpa Extended	332 771 714,54	428 088 990,06	95 317 275,53
Kúpa Extended Experimentálny	342 556 857,16	424 962 726,49	82 405 869,33

Z porovnania nákladov a výnosov je zjavné, že v prípade realizácie projektu bez podpory ekosystému HPC nie je možné očakávať vysoký dopyt po službách HPC.

Tabuľka 45: Porovnanie nákladov a prínosov (scenár s podporou ekosystému)

Scenár	Celkové náklady	Celkové prínosy	Rozdiel
Outsourcing HPC	418 977 381,28	825 835 735,20	406 858 353,92
Prenájom Basic	220 797 416,65	403 154 107,65	182 356 691,00
Prenájom Basic Experimentálny	165 040 271,89	265 480 224,56	100 439 952,66
Prenájom Extended	370 550 991,61	856 177 980,13	485 626 988,52
Prenájom Extended Experimentálny	391 013 027,60	880 298 337,21	489 285 309,61
Rekonštrukcia Basic	210 931 002,81	403 154 107,65	192 223 104,84
Rekonštrukcia Basic Experimentálny	155 173 858,05	265 480 224,56	110 306 366,50
Rekonštrukcia Extended	366 770 692,17	856 177 980,13	489 407 287,96
Rekonštrukcia Extended Experimentálny	380 992 728,16	880 298 337,21	499 305 609,05
Kúpa Basic	220 267 002,81	403 154 107,65	182 887 104,84
Kúpa Basic Experimentálny	164 509 858,05	265 480 224,56	100 970 366,50
Kúpa Extended	382 262 692,17	856 177 980,13	473 915 287,96
Kúpa Extended Experimentálny	396 484 728,16	880 298 337,21	483 813 609,05

V prípade scenára s podporou ekosystému dôjde k stimulácii dopytu a adekvátnemu zvýšeniu predaja služieb HPC, takže je reálne očakávať dosiahnutie ekonomickej návratnosti investície.

Tabuľka 46: Porovnanie nákladov a prínosov (optimistický scenár)

Scenár	Celkové náklady	Celkové prínosy	Rozdiel
Outsourcing HPC	418 977 381,28	1 651 671 470,40	1 232 694 089,12
Prenájom Basic	220 797 416,65	806 308 215,30	585 510 798,65
Prenájom Basic Experimentálny	165 040 271,89	530 960 449,12	365 920 177,22
Prenájom Extended	370 550 991,61	1 712 355 960,25	1 341 804 968,65
Prenájom Extended Experimentálny	391 013 027,60	1 760 596 674,42	1 369 583 646,82
Rekonštrukcia Basic	210 931 002,81	806 308 215,30	595 377 212,49
Rekonštrukcia Basic Experimentálny	155 173 858,05	530 960 449,12	375 786 591,06
Rekonštrukcia Extended	366 770 692,17	1 712 355 960,25	1 345 585 268,08
Rekonštrukcia Extended Experimentálny	380 992 728,16	1 760 596 674,42	1 379 603 946,25
Kúpa Basic	220 267 002,81	806 308 215,30	586 041 212,49
Kúpa Basic Experimentálny	164 509 858,05	530 960 449,12	366 450 591,06
Kúpa Extended	382 262 692,17	1 712 355 960,25	1 330 093 268,08
Kúpa Extended Experimentálny	396 484 728,16	1 760 596 674,42	1 364 111 946,25

Optimistický scenár predpokladá, že Slovensko sa stane regionálnym lídrom HPC, vďaka čomu dopyt po službách HPC pokryje plnú výšku komerčne dostupnej kapacity. V stĺpci rozdiel je uvedený maximálny možný zisk, aký je možné dosiahnuť v prípade jednotlivých scenárov realizácie centra HPC.

Tabuľka 47: Porovnanie nákladov a prínosov pri saturácii trhu

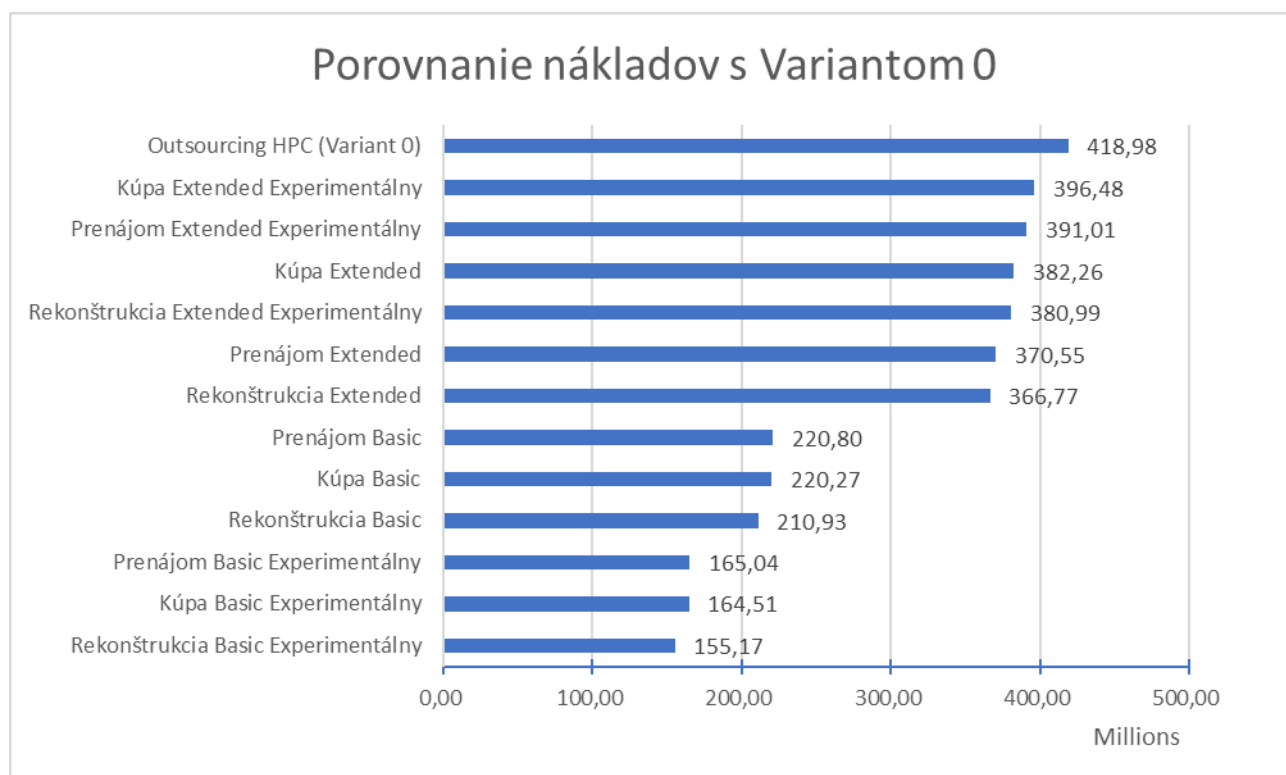
Scenár	Celkové náklady	Celkové prínosy	Rozdiel
Outsourcing HPC	418 977 381,28	403 154 107,65	-15 823 273,63
Prenájom Basic	220 797 416,65	403 154 107,65	182 356 691,00
Prenájom Basic Experimentálny	165 040 271,89	265 480 224,56	100 439 952,66
Prenájom Extended	370 550 991,61	403 154 107,65	32 603 116,04
Prenájom Extended Experimentálny	391 013 027,60	403 154 107,65	12 141 080,05
Rekonštrukcia Basic	210 931 002,81	403 154 107,65	192 223 104,84
Rekonštrukcia Basic Experimentálny	155 173 858,05	265 480 224,56	110 306 366,50
Rekonštrukcia Extended	366 770 692,17	403 154 107,65	36 383 415,48
Rekonštrukcia Extended Experimentálny	380 992 728,16	403 154 107,65	22 161 379,49
Kúpa Basic	220 267 002,81	403 154 107,65	182 887 104,84
Kúpa Basic Experimentálny	164 509 858,05	265 480 224,56	100 970 366,50
Kúpa Extended	382 262 692,17	403 154 107,65	20 891 415,48
Kúpa Extended Experimentálny	396 484 728,16	403 154 107,65	6 669 379,49

Toto porovnanie nákladov a prínosov predpokladá, že aj napriek podpore ekosystému nemusí dopyt po kapacite HPC rásť priamo úmerným lineárnym spôsobom. Za predpokladu dosiahnutia saturácie trhu v rozsahu 10 % dostupnej kapacity konfigurácie Basic by bola výška prínosov rovnaká (alebo v prípade konfigurácie Basic Experimental nižšia s ohľadom na menší počet jadier) bez ohľadu na veľkosť dostupnej kapacity. Aj v prípade takej saturácie trhu sú návratné všetky scenáre okrem scenára Outsourcing.

6.2.6 Porovnanie nákladov s Variantom 0

V rámci porovnania nákladov na jednotlivé scenáre vychádzame z toho, že scenár Outsourcing je tzv. Variant 0, t. j. variant predpokladajúci, že na Slovensku nebude vybudovaná infraštruktúra HPC. Náklady na Variant 0 boli vyrátané s predpokladaným nákupom kapacity len v rozsahu požiadaviek používateľov HPC (na základe prieskumu uvedeného v prílohe 8.1 *Prieskum požiadaviek na výkon/kapacity HPC*). V prípade nákupu kapacity v rovnakom rozsahu, akú by poskytovala infraštruktúra v ostatných scenároch, by boli náklady na nákup kapacity podstatne vyššie. Napríklad, ak by bola nakupovaná kapacita v rozsahu infraštruktúry Basic a Basic Experimentálny, náklady na Variant 0 by sa zvýšili minimálne o 35 %.

Z nasledujúceho grafu vyplýva, že aj v prípade nákupu len minimálnej požadovanej kapacity je Variant 0 nákladnejší, než ostatné scenáre a úspora v prípade investície do HPC sa pohybuje od 263 803 523,23 € do 22 492 653,12 €.



Obrázok 7: Porovnanie nákladov s Variantom 0

6.3 Návrh optimálneho riešenia

Výber optimálneho riešenia projektu „Vybudovanie ekosystému HPC na Slovensku“ je primárne založený na odpovediach na nasledujúce otázky:

- Čo sa považuje za optimálne riešenie?
- Aké sú požiadavky na takéto riešenie resp. jeho obmedzenia?

Za optimálne riešenie budeme považovať také, ktoré:

- v rámci dostupného zdroja financovania (rozpočet POO) umožní vybudovanie HPC infraštruktúry (vrátane jej umiestnenia), pokrývajúcej potreby slovenských vedecko-výskumných inštitúcií v horizonte cca 5 rokov a zohľadňujúcej očakávané požiadavky priemyslu a verejnej správy
- podporí dlhodobú udržateľnosť prevádzky minimalizáciou prevádzkových nákladov
- umožní vybudovanie robustného HPC ekosystému
- maximalizuje prínosy pre hospodárstvo SR

Požiadavky/obmedzenia, ktoré uvažujeme:

- Míľniky a rozpočet POO
- Priorizovanie investícií do ľudského kapitálu (rozvoj ekosystému)
- Transparentnosť realizácie projektu

V druhom slede potom riešime otázky:

1. Kto bude prijímateľom finančných prostriedkov a realizátorom projektu?
2. Aká bude konfigurácia infraštruktúry HPC a kedy bude inštalovaná?
3. Kde bude infraštruktúra umiestnená a prevádzkovaná?
4. Ako bude budovaný a podporovaný ekosystém HPC?

6.3.1 Prijímateľ finančných prostriedkov a realizátor projektu

V kapitole 5 Analýza alternatív k výstavbe superpočítača a ich porovnanie sme rozdelili projektové aktivity do troch širokých skupín. Pre potreby tejto kapitoly sme rozdelenie spresnili takto:

- **Vybudovanie infraštruktúry HPC** – v tejto časti budú realizované obstaranie infraštruktúry HPC, jej inštalácia, testovanie a uvedenie do prevádzky.
- **Realizácia dátového centra** – zabezpečenie umiestnenia a prevádzky HPC infraštruktúry podľa niektorej z možností, diskutovaných v kapitole 5.1.2 *Uvažované možnosti pre dátové centrum*.
- **Prevádzkovanie HPC** – jedná sa o aktivity prevádzkovania infraštruktúry HPC a poskytovania služieb technickej podpory používateľov.

- **Budovanie a podpora ekosystému** – aktivity zamerané na rozvoj, podporu a následné udržanie fungujúceho ekosystému HPC na Slovensku, ktoré sú podrobne popísané v časti 6.2 *Budovanie a rozvoj ekosystému*.

Na základe uznesenia vlády SR č. 221 z 28. apríla 2021 je **Ministerstvo investícií, regionálneho rozvoja a informatizácie SR (MIRRI) vykonávateľom** v zmysle § 5 zákona č. 368/2021 Z. z. o mechanizme na podporu obnovy a odolnosti a o zmene a doplnení niektorých zákonov. MIRRI tiež v rámci svojich kompetencií zabezpečuje centrálné riadenie informatizácie spoločnosti a tvorbu politiky jednotného digitálneho trhu, rozhodovanie o využívaní finančných zdrojov vo verejnej správe pre informačné technológie, centrálnu architektúru integrovaného informačného systému verejnej správy a koordináciu plnenia úloh v oblasti informatizácie spoločnosti. Sem patria aj grantové schémy zamerané na podporu súvisiacich cieľov. MIRRI môže taktiež zriadiť príspevkovú organizáciu na vykonávanie svojich úloh v súvislosti s prevádzkou HPC a navrhnúť, ktoré úlohy je vhodné delegovať na príspevkovú organizáciu a ktoré ponechať pre NSCC.

Na základe formulácie cieľa projektu v POO pokladáme Národné superpočítačové centrum (NSCC) za nositeľa projektu a organizáciu, zodpovednú najmä za následnú prevádzku HPC a budovanie súvisiaceho HPC ekosystému. NSCC ale nepokladáme za vecne ani kapacitne pripravené na realizáciu administratívno-procesných aktivít, ako napr. náročných verejných obstarávaní infraštruktúry a dátového centra. Takisto NSCC nemá v súčasnosti k dispozícii nástroje na poskytovanie grantov a dotácií, ktoré sú súčasťou plánovaných aktivít podpory ekosystému.

Z hľadiska financovania môže NSCC čerpať prostriedky z Plánu obnovy a odolnosti na základe priameho vyzvania. MIRRI má z hľadiska právneho rámca (pozri v texte vyššie) postavenie vykonávateľa POO, čo mu umožňuje priame čerpanie prostriedkov z POO. Má dostatočné vecné a kapacitné zabezpečenie pre realizáciu verejných obstarávaní a disponuje nástrojmi priamej finančnej pomoci, ale na druhej strane mu chýba vecné know-how z hľadiska prevádzky infraštruktúry HPC a dátového centra a rozvoja ekosystému. Porovnanie kompetencií a predpokladov oboch subjektov z hľadiska realizácie projektu obsahuje nasledujúca tabuľka.

Tabuľka 48: Porovnanie predpokladov MIRRI a NSCC ako prijímateľa projektu

Porovnanie NSCC a MIRRI		
	Silné kompetencie/predpoklady	Slabé kompetencie/predpoklady
MIRRI	Organizačné predpoklady - vhodné organizačné predpoklady a administratívne kapacity - skúsenosť s VO a dostupné externé know how pri príprave súťaží - efektívne spracovanie financií z POO - zjednodušený proces kontrol bez externého spracovania platieb - nie je potrebné vyzvanie/výzva Zabezpečenie udržateľnosti - silnejší záväzok štátu zabezpečiť dlhodobé financovanie projektu Rozvoj ekosystému - nástroje na poskytovanie finančnej pomoci (granty a pod.)	Vecná expertíza v oblasti HPC - nedostatočná expertíza v oblasti HPC - špecializácia (téma HPC je jednou z mnohých tém, ktoré MIRRI rieši) Rozvoj ekosystému - nemá alokované interné personálne kapacity pre rozvoj ekosystému HPC
NSCC	Vecné znalosti - expertná kapacita a skúsenosť s prevádzkou HPC infraštruktúry a budovaním ekosystému - zameranie výhradne na tému HPC Skúsenosti s podporou používateľov - má dlhoročné skúsenosti s podporou používateľov a budovaním ekosystému (prostredníctvom člena CSČ SAV)	Nedostatočné organizačné predpoklady - absencia interných administratívnych kapacít (VO, právnici, ekonómovia) - absencia zavedených interných postupov a procesov - je potrebné vyzvanie - zvýšená administratívna záťaž (žiadosti o platbu, vyúčtovanie platieb atď.) - náročnejší systém kontrol (MIRRI by muselo vykonávať kontroly na mieste) Ťažšie zabezpečiť udržateľnosť zo ŠR - slabá vyjednávacía pozícia pre zabezpečenie krytia rozpočtu prevádzky - náročnejší prístup k finančným zdrojom (ťažšie do budúcnosti zabezpečiť investície)

Ako je vidieť, obe organizácie majú silné predpoklady na plnenie častí projektu, ale žiadna z nich nemá rovnaké predpoklady zabezpečiť všetky aktivity. Prirodzeným riešením je rozdeliť zodpovednosti a súvisiace financovaním medzi oba subjekty. S prihliadnutím na silné stránky oboch organizácií navrhujeme nasledujúce rozdelenie:

Zodpovednosti MIRRI

- vybudovanie infraštruktúry HPC (obstaranie superpočítača a príslušnej infraštruktúry)
- realizácia dátového centra (obstaranie; následný dohľad nad realizáciou v spolupráci s NSCC)
- zabezpečenie financovania prevádzky zo štátneho rozpočtu a zdrojov EÚ
- grantové schémy pre podporu vedecko-výskumných aktivít, vzdelávacie programy, podporu pre startupy príp. malé a stredné podniky (očakáva sa spolupráca najmä s MŠVVaŠ SR, MH SR)

- medzirezortná spolupráca (spolupráca s ostatnými rezortmi)

Zodpovednosti NSCC

- expertná spoluúčasť na vybudovaní infraštruktúry HPC a realizácii dátového centra (spolupráca a koordinácia s MIRRI pri určení požiadaviek, technických špecifikácií HPC a DC infraštruktúry)
- prevádzkové služby (zabezpečenie prevádzky), podpora používateľov, produktový manažment
- marketing a komunikácia (propagácia), predaj kapacity
- rozvoj ekosystému, osвета, podpora akademického sektora, podpora sprostredkovateľov (pre OVM, MSP)
- koordinácia medzinárodnej spolupráce

Z pohľadu financovania sa ako najpriamočiarejšie javia dva spôsoby rozdelenia aktivít a prostriedkov:

- Rozdelenie čerpania prostriedkov na dva samostatné prúdy podľa vyššie navrhovaného rozdelenia zodpovedností. MIRRI by ako vykonávateľ POO využilo priame čerpanie z POO a súbežne by NSCC na základe priameho vyzvania financovalo realizáciu aktivít v jeho zodpovednosti. To by znamenalo samostatné čerpanie, monitorovanie, vykazovanie a meranie dosiahnutia cieľov a merateľných ukazovateľov. Nevýhodou tejto možnosti je vzájomná závislosť aktivít oboch častí projektu. Problémy vyplývajúce z previazanosti aktivít naprieč dvoma prúdmi bude samozrejme treba riešiť dôslednou koordináciou.
- MIRRI ako vykonávateľ využije ustanovenia paragrafu 6 zákona č. 368/2021 Z. z. o mechanizme na podporu obnovy a odolnosti. Paragraf 6 umožňuje vykonávateľovi písomne poveriť plnením časti úloh vykonávateľa inú právnickú osobu, ktorá má odborné, personálne a materiálne predpoklady na plnenie týchto úloh. Na sprostredkovateľa sa vzťahujú práva a povinnosti vykonávateľa v rozsahu poverenia vykonávateľa. Využitie tejto možnosti so sebou prináša viaceré výhody:
 - jediný vlastník projektu, jednotná zodpovednosť,
 - jednoduchší priebeh financovania z POO, monitorovania a výkazníctva projektu,
 - realizácia aktivít organizáciou s príslušným know-how a kapacitami,
 - jednoduchšie zabezpečenie udržateľnosti.

Detailný popis možností je uvedený v kapitole 7 *Právna analýza*.

6.3.2 Fázovanie realizácie, konfigurácie a umiestnenie infraštruktúry HPC

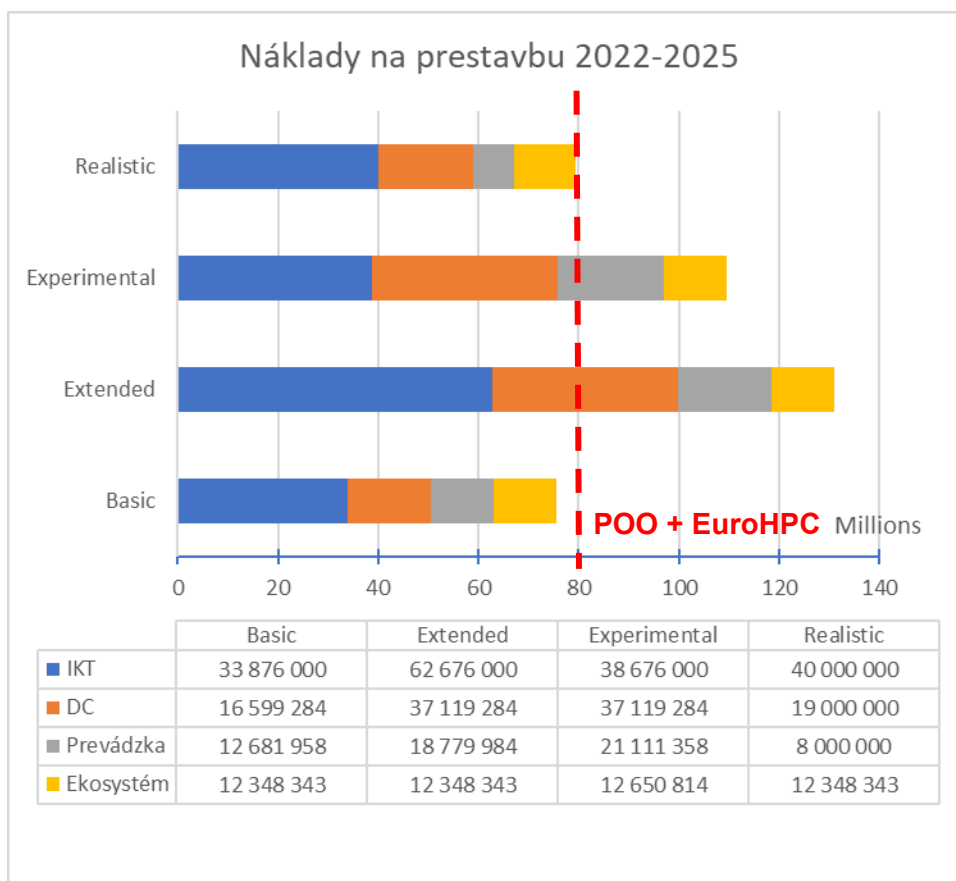
Konfigurácie

Na základe prieskumu predpokladaného dopytu po službách HPC u súčasných používateľov služieb HPC v najbližších piatich rokoch, podrobne popísaného v časti 2.6 Prieskum požiadaviek na výkon/kapacity HPC, bola zistená minimálna kapacita, ktorú je potrebné zabezpečiť pri realizácii projektu. Túto kapacitu sme popísali ako variant Basic. Očakávame, že rozvoj ekosystému HPC podporený propagáciou prínosov HPC u nových segmentov používateľov prinesie zvýšenie dopytu po službách HPC a tým i po výpočtovej kapacite. Variant Extended odráža takéto predpokladané zvýšenie dopytu. Požiadavkou MIRRI bolo aj zváženie konfigurácie s využitím experimentálnej slovenskej technológie (chip Prodigy od spoločnosti Tachyum), ktorá zatiaľ nebola testovaná a uvedená do produkcie. Výrobca deklaruje, že hoci experimentálny čip v súčasnosti nie je k dispozícii, v prípade uvedenia technológie na trh bude schopný dodať infraštruktúru HPC s podstatne vyššou kapacitou za nižšiu cenu. Navyše, úspešné využitie novej technológie v slovenskom zariadení HPC by prispelo k splneniu cieľa z POO (využiť európske technológie) a napomohlo by propagácii Slovenska a novej slovenskej technológie. Na základe poskytnutých marketingových informácií od výrobcu sme vytvorili ďalšie dve uvažované konfigurácie: Basic Experimental s rovnakou kapacitou ako variant Basic a Extended Experimental s maximálnou navrhovanou kapacitou v rámci disponibilného rozpočtu. Všetky konfigurácie sú popísané v kapitole 5.1 Alternatívy vybudovania centra HPC na Slovensku.

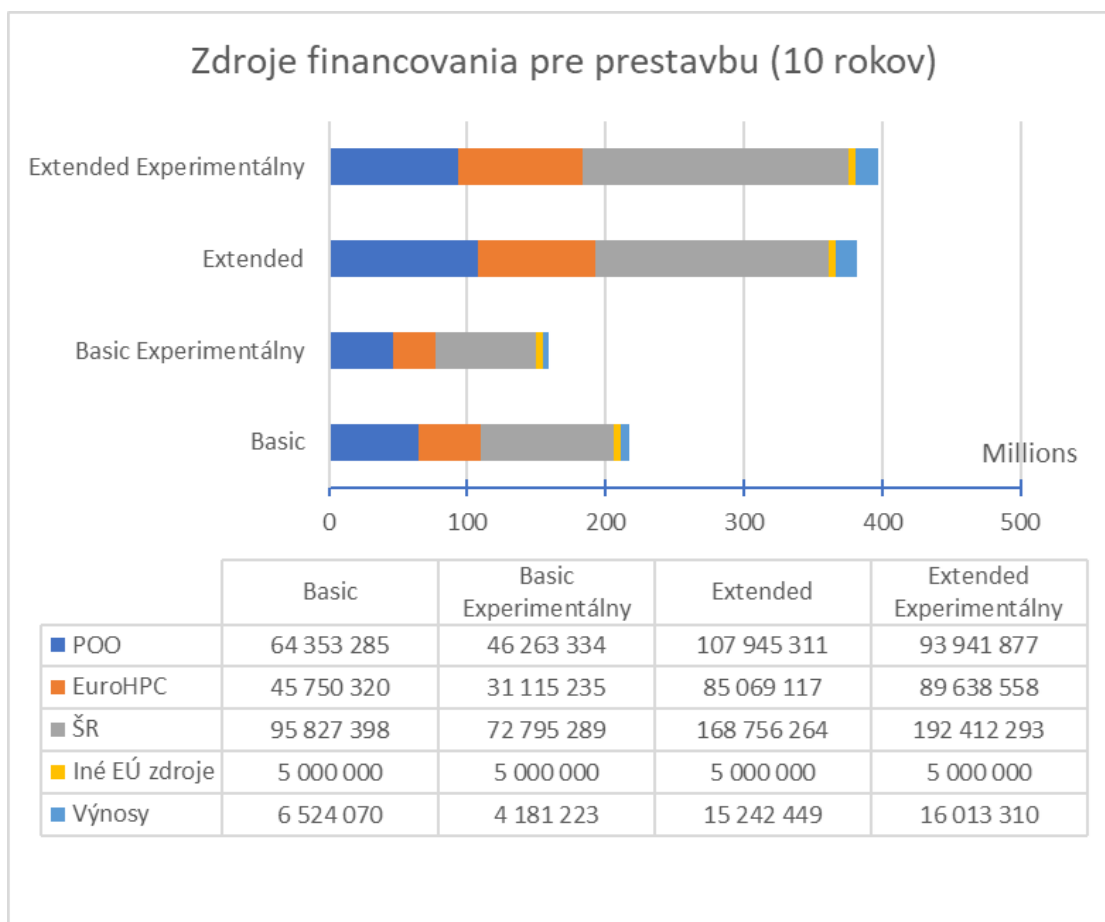
Na základe týchto informácií bol pripravený prieskum trhu u dodávateľov HPC v Európe. Výsledkom prieskumu bol zoznam zariadení, ktoré sú dodávateľia v súčasnosti schopní dodať, odhady ich ceny, špecifikácie, nároky na dátové centrum a možné harmonogramy inštalácie od dátumu obstarania (predpokladané možnosti dodania). Prehľadný zoznam jednotlivých konfigurácií je uvedený v kapitole 5.1.1 Uvažované konfigurácie HPC infraštruktúry.

Na základe výsledkov prieskumov trhu na HPC infraštruktúru a dátové centrum bolo možné odhadnúť predpokladané náklady na inštaláciu jednotlivých konfigurácií a ich umiestnenie v dátovom centre, ako aj celkové náklady projektu. Vzhľadom na možnosť čerpania finančných prostriedkov na investičné a prevádzkové náklady z POO a z EuroHPC je dôležité vyhodnotiť aj úroveň čerpania dostupných zdrojov. Pri konfiguráciách Basic a Basic Experimental pokryje financovanie z POO a z EuroHPC všetky investičné náklady, ako aj prevádzkové náklady do prvého kvartálu 2026. V prípade konfigurácií Extended a Extended Experimental investičné a prevádzkové náklady do prvého kvartálu 2026 presahujú dostupné financovanie, pričom rozdiel bude potrebné financovať zo štátneho rozpočtu. V prípade, že prijímateľ preferuje nákup čo najvyššej konfigurácie v rámci dostupných finančných prostriedkov, odporúčame pri obstarávaní špecifikovať mierne vyššiu konfiguráciu IKT s adekvátnym navýšením požiadaviek na dátové centrum (tzv. realistická konfigurácia). Ako bolo zdôraznené vyššie, táto konfigurácia bola odvodená na základe iteratívneho vyhodnotenia scenárov a im zodpovedajúcich nákladových štruktúr ale jej definitívna podoba bude výsledkom rozhodnutia prijímateľa až podľa aktuálnych preferencií (a prípadných nutných kompromisov) a aktuálnej ponuky dodávateľov HPC systémov

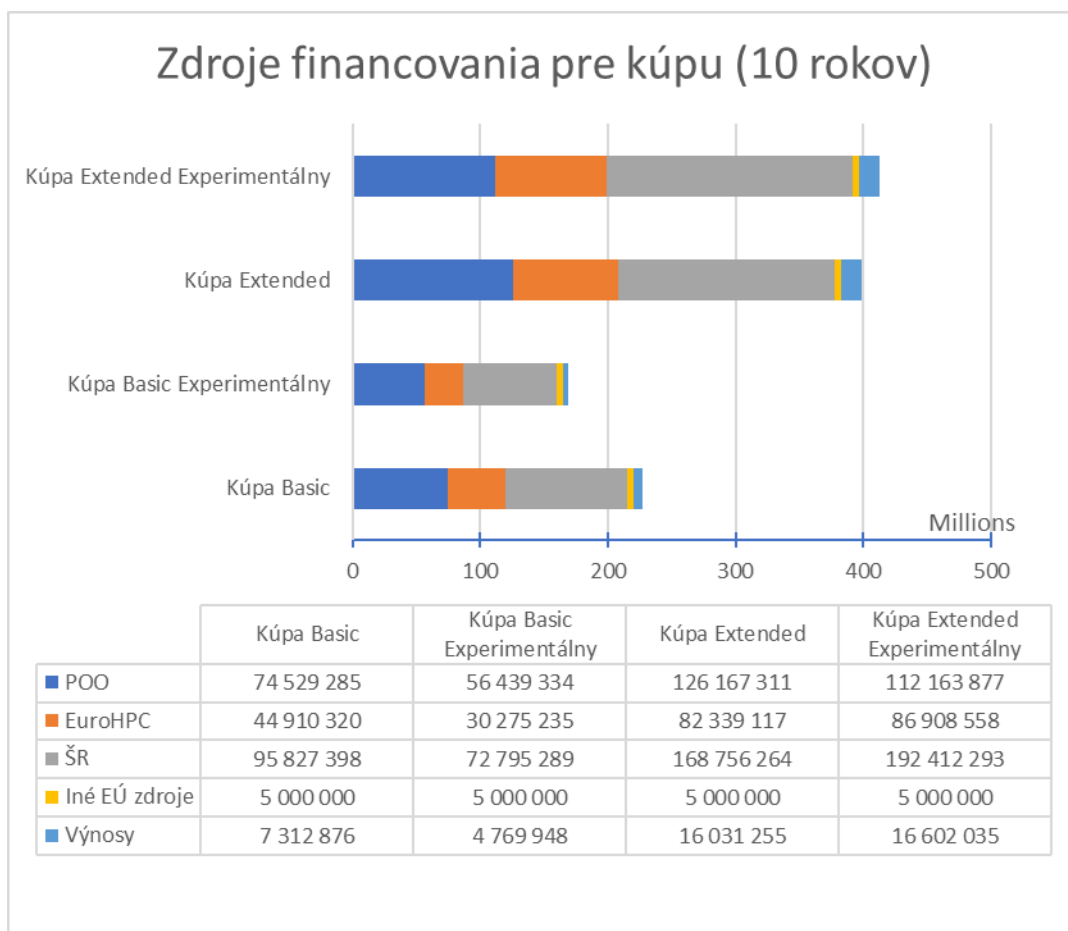
v čase verejného obstarávania. Samotná konfigurácia teda už z jej podstaty nemohla byť zaradená medzi vyhodnocované konfigurácie. Porovnanie štyroch špecifikovaných a vyhodnocovaných konfigurácií a približný odhad nákladov na (realistickú) konfiguráciu s maximalizáciou čerpania rozpočtu je zobrazené na obrázku nižšie.



Obrázok 8: Náklady na prestavbu do konca 2025



Obrázok 9: Náklady na prestavbu podľa zdrojov financovania (10 rokov)



Obrázok 10: Náklady na kúpu podľa zdrojov financovania (10 rokov)

Umiestnenie

Z prieskumu možností umiestnenia vyplynulo, že na Slovensku v súčasnosti neexistujú žiadne priestory, ktoré by plne vyhovovali požiadavkám infraštruktúry HPC. Preto ktorákoľvek z možností identifikovaných v kapitole 5.1 Alternatívy vybudovania centra HPC na Slovensku sa nezaobíde bez adaptácie (v rôznom rozsahu pre každú z možností). Ako sme už uviedli, so zohľadnením mitigácie rizík za realistický termín získania vyhovujúcich priestorov považujeme polovicu roka 2025.

Fázovanie

Vzhľadom na vyžadovaný termín uvedenia infraštruktúry do prevádzky najneskôr do konca roka 2024, ktorý vyplýva z cieľov a míľnikov POO, **bude nevyhnutné fázovať** vybudovanie infraštruktúry HPC a nájsť dočasné umiestnenie, ktoré bude k dispozícii pre inštaláciu najneskôr do polovice roka 2024. To malo za následok prehodnotenie realizácie IKT a rozdelenie nákupu do dvoch fáz:

- **Fáza 1** – zakúpenie štartovacej infraštruktúry HPC s dodaním, inštaláciou, testovaním a uvedením do prevádzky júl - december 2024. Rozsah takejto štartovacej konfigurácie umožní inštaláciu v momentálne existujúcich priestoroch CSČ SAV s nevyhnutnou minimálnou adaptáciou (dočasná lokalita). Táto „štartovacia“ konfigurácia je rovnaká pre všetky varianty IKT a mala byť spresnená v rámci trhových konzultácií s dodávateľmi HPC riešení pri zohľadnení aktuálne dostupných technologických možností a zladení s cieľmi POO, opísanými vyššie.
- **Fáza 2** – zakúpenie cieľovej konfigurácie infraštruktúry HPC (podľa zvoleného variantu z vyššie popísaných) s dodaním, inštaláciou, testovaním a uvedením do prevádzky jún - december 2025. Táto bude inštalovaná v cieľovom umiestnení dátového centra. Súčasťou verejného obstarávania by opätovne mali byť trhové konzultácie s rovnakým účelom ako vo fáze 1.

Okrem mitigácie rizík a splnenia mílnika POO, fázovanie projektu zároveň dáva možnosť:

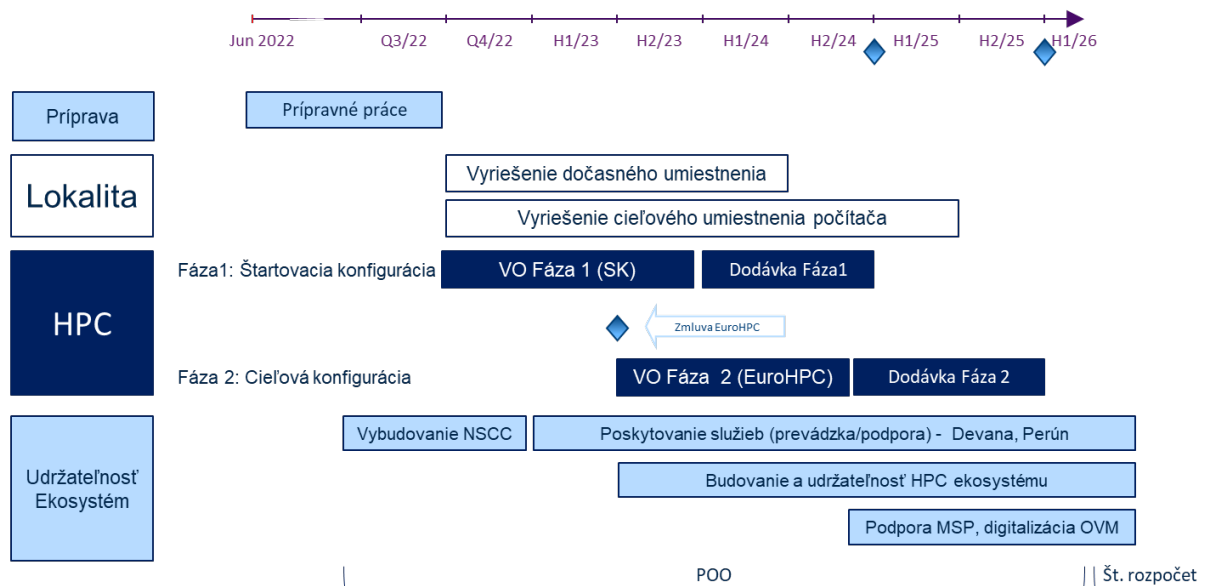
- využiť technologický pokrok na získanie lepšieho pomeru výkon/cena v rámci trvania POO
- získať prístup k novším technológiám, a tak predĺžiť „morálnu“ životnosť HPC infraštruktúry
- vytvoriť priestor na využitie slovenských technológií transparentným spôsobom predĺžením okna, dokiaľ je potrebné aby boli dostupné a pripravené na komerčné využitie v prípade, že by v prvej fáze tomu tak ešte nebolo.

6.3.3 HPC ekosystém

Jedná sa o dlhodobý proces, ktorý je však najdôležitejšou súčasťou projektu. Tejto téme je venovaná kapitola 7 *Analýza prevádzkových podmienok superpočítača*.

6.3.4 Rozloženie v čase

S ohľadom na vyššie popísané fázovanie navrhujeme nasledovné časovanie hlavných skupín aktivít projektu.



Obrázok 11: Harmonogram hlavných skupín aktivít projektu

Očakávané harmonogramy realizácie podľa jednotlivých lokalít sú uvedené v prílohe 8.3 *Harmonogram prestavby dátového centra*.

6.4 Prehľad rizík

V tejto kapitole uvádzame zhrnutie rizík, identifikovaných pre projekt s ich hodnotením a návrhom opatrení na ich predchádzanie.

V nasledujúcej tabuľke:

- IKT/DC znamená, že riziko sa týka HPC infraštruktúry (teda IKT) a/alebo DC.
- Variant špecifikuje rozsah rizika
- Z je závažnosť rizika (1 = nízka, 2 = stredná, 3 = vysoká)
- P je pravdepodobnosť výskytu rizika (1 = nízka, 2 = stredná, 3 = vysoká)
- H je hodnotenie rizika vypočítané ako $2 \times Z + P$

Detailnejšia diskusia k rizikám pre jednotlivé varianty vybudovania DC je v prílohe, vrátane návrhu opatrení.

Tabuľka 49: Identifikácia rizík a návrh opatrení

ID	IKT/ DC	Variant	Popis rizika	Z	P	H	Dopad	Mitigácia
1	IKT/ DC	Všeobecné	Oneskorenie harmonogramu z dôvodu trvania procesov VO	3	1	7	Nesplnenie míľnikov v POO	Včasné začatie projektu a procesov VO
2	IKT/ DC	Všeobecné	Oneskorenie harmonogramu z dôvodu preťahov vo VO	3	2	8	Nesplnenie míľnikov v POO	Predchádzanie námietkam počas VO transparentnosťou celého procesu VO vrátane využitia predbežných trhových konzultácií Dôsledne a kvalitne pripravené súťažné podklady
3	DC	Všeobecné	Nedostatočný disponibilný príkon DC v čase inštalácie	1	1	3	Nemožnosť dosiahnuť plný výkon IKT	Vytvorenie časovej rezervy fázovaním projektu Včasný inžiniersky prieskum vybranej lokality Včasné rokovania s distribútorom a získanie záväzného vyjadrenia
4	IKT	Všeobecné	Riziko vendor lock-in pri fázovanom nákupe	2	1	5	Problém pri obstaraní Fázy 2 - riziko pokuty a/alebo preťahy VO	Dôsledné zabezpečenie škálovateľnosti modulu zakúpeného vo Fáze 1 a vyžadovanie zabezpečenia nezávislosti od dodávateľa pri budúcich rozšíreniach (KO kritérium vo VO)
5	IKT/ DC	Všeobecné	Neprimeraný nárast cien elektriny	2	3	7	Výrazné zvýšenie prevádzkových nákladov	Čiastočná mitigácia - inštalácia OZE (fotovoltaika a pod.) - kompenzácia príjmami za dodávky odpadového tepla - manažovanie výkonu za účelom optimalizácie spotreby - čiastočne komoditný hedging
6	IKT/ DC	Všeobecné	Nedostupnosť financovania prevádzky po skončení POO	2	2	6	Porušenie požiadavky na udržateľnosť Reputačné riziko	Trvalý proaktívny stakeholder management, napr. - získanie súhlasu MF SR s rozpočtom projektu pre obdobia po skončení POO

ID	IKT/ DC	Variant	Popis rizika	Z	P	H	Dopad	Mitigácia
								- včasné priebežné potvrdzovanie alokácie na jednotlivé roky, - získanie podpory iných rezortov Aktívna externá komunikácia pozitívnych prínosov projektu pre ekonomiku Aktívne vyhľadávanie a využitie ďalších EU zdrojov
7	IKT/ DC	Všeobecné	Prieťahy resp. výpadky v dodávateľských reťazcoch (IKT, stavebný materiál)	3	2	8	Nesplnenie míľnikov v POO Nesplnenie požiadaviek na kvalitu	Čiastočná mitigácia - vytvorenie časovej rezervy fázovaním nákupu IKT Skoré začatie VO Dôsledný investorský dozor a PM
8	IKT	Všeobecné	Nebude podpísaná zmluva s EuroHPC	1	1	3	Zvýšenie dopadu na štátny rozpočet	Fázovanie projektu s úpravou (redukciou) cieľovej konfigurácie IKT
9	DC	Prenájom	Zvýšené náklady na prevádzku oproti ostatným variantom DC	2	2	6	Nedostupnosť financovania prevádzky po skončení POO	Kombinácia tohto variantu s kúpou DC pred skončením POO. De-prioritizácia tohto variantu Ďalšie pozri č. 6
10	DC	Prenájom	DC nebude vyhovovať požiadavkám neštandardného IKT	1	1	3	IKT nebude možné uviesť do prevádzky a nebude náhradné riešenie DC	Včasná špecifikácia požiadaviek vrátane neštandardných (najmä požiadavky na chladenie a fyzické parametre) ako kvalifikačné kritérium VO Včasná identifikácia a vyradenie lokalít, ktoré neumožňujú splniť neštandardné požiadavky.
11	DC	Rekonštrukcia	Vypovedanie prenájmu priestorov, keďže prevádzkovateľ/prijímateľ nie je vlastníkom priestorov	1	3	5	Riziko zmarenia návratnosti investície do rekonštrukcie	Prevod priestorov do vlastníctva prijímateľa alebo zmluvné ošetrenie garancie dlhodobého prenájmu vrátane príp. prenosu rizika návratnosti na prenajímateľa (napr. kompenzačný

ID	IKT/ DC	Variant	Popis rizika	Z	P	H	Dopad	Mitigácia
								mechanizmus v prípade predčasnej výpovede). Prioritizácia variantov, kde objekt je vo verejnom vlastníctve.
12	DC	Rekonštrukcia	Oneskorenie stavebných prác z dôvodu preťahov v stavebnom konaní	3	2	8	Nesplnenie míľnikov v POO	Predchádzanie preťahom v stavebnom konaní včasným vykonaním inžinierskeho prieskumu Čiastočná eliminácia stavebného konania (výber variantu, kde nie je potrebné) Fázovanie nákupu IKT
13	DC	Rekonštrukcia	Oneskorenie stavebných prác z organizačných dôvodov	3	1	7	Nesplnenie míľnikov v POO	Dôsledný investorský dohľad / PM Fázovanie projektu (vytvorenie časovej rezervy) Zabezpečiť dostatočnú expertízu na strane investora Zabezpečiť súčinnosť vlastníka objektu
14	DC	Rekonštrukcia	DC nebude vyhovovať požiadavkám neštandardného IKT	1	1	3	IKT nebude možné uviesť do prevádzky a nebude náhradné riešenie DC	Pozri č. 10
15	DC	Kúpa	Budova nebude pripravená na prevzatie z dôvodov oneskorení stavebných prác alebo dodávok technológií	3	1	7	Nesplnenie míľnikov v POO	Čiastočná mitigácia - fázovanie nákupu IKT Pozri tiež č. 10
16	IKT	Experimentál	Nedostupnosť experimentálnej technológie včas a/alebo s predpokladanými parametrami	3	3	9	Nesplnenie míľnikov v POO	Fázovanie projektu Transparentné VO a vytvorenie a udržanie konkurenčného prostredia Zmluvný prenos rizík straty financovania na dodávateľa

ID	IKT/ DC	Variant	Popis rizika	Z	P	H	Dopad	Mitigácia
16	IKT	Experimental	Nebude včas k dispozícii systémový integrátor na vybudovanie, dodávku a údržbu superpočítača s experimentálnou technológiou	3	3	9	Nesplnenie mŕlnikov v POO	Fázovanie projektu Transparentné VO a vytvorenie a udržanie konkurenčného prostredia Zmluvný prenos rizík straty financovania na dodávateľa
17	IKT	Basic	Nebude pokrytý rastúci dopyt po službách HPC, vyplývajúci z rozvoja ekosystému.	2	2	6	Nenaplnenie požiadaviek používateľov, útlm vo využívaní HPC	Eliminácia tohto variantu (obstaranie vyššej ako minimálnej kapacity) Inovácia technológií v neskoršom období Čiastočná mitigácia - operatívne vyhľadávanie a zabezpečovanie voľných kapacít na komerčnom trhu
18	IKT	Outsourcing HPC	Kapacita HPC nebude k dispozícii keď bude požadovaná	1	1	3	Nenaplnenie požiadaviek používateľov, útlm vo využívaní HPC	Čiastočná mitigácia - operatívne vyhľadávanie a zabezpečovanie voľných kapacít na komerčnom trhu Eliminácia tohto variantu a jeho nahradenie vybudovaním HPC v SR

7 Analýza prevádzkových podmienok superpočítača

7.1 Návrh prevádzkového modelu a potrebného personálneho zabezpečenia

Pri návrhu prevádzkového modelu budúceho centra HPC na Slovensku a jeho potrebného personálneho zabezpečenia môžeme čerpať nielen zo skúseností VS SAV ale i ďalších európskych krajín. Pri získavaní informácií je potrebné zamerať sa na centrá HPC, ktoré boli tiež založené s cieľom podporiť využívanie vysokovýkonných výpočtov v jednotlivých krajinách a sú financované z verejných zdrojov. Dobrým zdrojom informácií sú centrá vytvorené v spolupráci s EuroHPC JU, keďže spolupráca s týmto spoločným podnikom je cieľom aj v prípade slovenského centra HPC.

7.1.1 Prevádzkový personál v existujúcich európskych projektoch

Pri získavaní informácií pre túto štúdiu uskutočniteľnosti sme sa obrátili na viaceré centrá HPC, ktoré sú prevádzkované v spolupráci s EuroHPC JU a čerpali sme aj z verejne dostupných zdrojov informácií. Údaje pre HPC Vega, Meluxina a Leonardo v tabuľke nižšie sú získané priamou komunikáciou. V prípade HPC Karolína údaje pochádzajú z výročnej správy.¹⁰³ Z nadobudnutých informácií vyplýva, že podpora klientov je rovnako dôležitá ako technická podpora HPC zariadení. Na HPC centrum je zároveň naviazaný široký ekosystém zahŕňajúci verejnú, komerčnú a akademickú sféru.

7.1.1.1 Personál pre prevádzku centra HPC

Prevádzka centra HPC a poskytovanie služieb HPC vyžaduje minimálne dve skupiny technického personálu, a to administrátorov a personál pre podporu klientov. Administrátori sú zamestnanci vyhradení na technickú podporu prevádzky infraštruktúry HPC a dátového centra, v ktorom je infraštruktúra prevádzkovaná. V ich zodpovednosti je správa HW, SW a aplikácií a udržanie dostupnosti HPC služieb. Počet týchto zamestnancov je priamo určený konfiguráciou a rozsahom infraštruktúry HPC a spôsobom prevádzky dátového centra a v priebehu času sa zvyčajne nemení ani v prípade inovácií HW. Navýšenie počtu však môže byť vynútené prevádzkovaním viacerých infraštruktúr HPC, ako je to v prípade talianskych HPC zariadení.

Podpora klientov na druhej strane zahŕňa pomoc pri práci s aplikáciami, konzultácie s klientmi o ich aplikáciách a projektoch, podporu pri používaní HPC a podobne. Poskytovanie podpory zjednodušuje využívanie služieb a zvyšuje komfort klientov. Počet týchto zamestnancov je naviazaný na rozsah katalógu služieb, ktoré klientom poskytujú a na záujem o služby HPC, ktoré sa podarí vyťažiť z viac alebo menej fungujúceho ekosystému.

¹⁰³<https://www.it4i.cz/file/2b7ee931209ebac79ecb3fd75a0510b7/6364/IT4I%20-%20P%C5%99ehled%20roku%202020%20ENweb.pdf>

Obe tieto skupiny sú absolútne nevyhnutné pre prevádzku HPC centra a ich nedostatočný počet môže mať negatívny dopad na kvalitu poskytovania služieb HPC. Zvýšenie počtu týchto zamestnancov má však len marginálny dopad na popularizáciu služieb HPC a zvýšenie dopytu po službách.

7.1.1.2 Podpora ekosystému

Na rozdiel od predchádzajúcich dvoch skupín zamestnancov, podľa skúseností z centier EuroHPC JU sa rozvoj ekosystému HPC a jeho podpora priamo odrážajú v schopnosti udržania investície do centra HPC a dlhodobej návratnosti projektu. Bez rozvoja ekosystému je projekt HPC len investíciou do hardvéru a s jeho zastaraním stráca aj táto investícia na hodnote. To je ostatne aj nie veľmi veselou slovenskou skúsenosťou (kapitola 2.3.1 História HPC na Slovensku). Vybudovanie a oživenie ekosystému naopak spôsobí zvýšenie dopytu po využívaní služieb HPC a realizácia viacerých projektov HPC, či už v spolupráci s verejnou správou, univerzitami alebo s komerčným sektorom, sa preniesie do priamych (ekonomických) aj nepriamych (sociálnych a spoločenských) prínosov.

7.1.2 Návrh personálneho zabezpečenia centra HPC

Na základe zistených informácií môžeme odvodiť personálne kapacity, ktoré bude potrebné naplniť, aby bola zabezpečená prevádzka centra HPC. Pokiaľ bude prevádzkovateľ HPC zároveň prevádzkovať aj housing, v ktorom bude infraštruktúra HPC umiestnená, bude potrebovať minimálne 20 zamestnancov vyhradených pre technickú podporu (*Tabuľka 43: Predpokladané požiadavky na personálne kapacity centra HPC*). V nasledujúcej tabuľke je uvedené členenie personálu technickej podpory podľa skúseností doterajšieho prevádzkovateľa HPC (Výpočtové stredisko SAV).

Tabuľka 50: Členenie technického personálu centra HPC

Technický personál centra HPC	
Špecializácia	Počet zamestnancov (FTE)
Administrácia sietí	1,5
Bezpečnosť	1,5
Manažment používateľov	2
Prevádzka systémov	4
Správa a prevádzka úložísk dát	2
Aplikácie	5
Monitoring	2
Web	2

V prípade rozdelenia projektu do dvoch alebo viacerých etáp, napríklad zaradením fázy pilota pred nákup budúceho IKT, je možné začať s nevyhnutným počtom 10 zamestnancov a tento počet postupne navyšovať. Vzhľadom na to, že na slovenskom pracovnom trhu nie je dostatočný počet IT špecialistov pre oblasť HPC, môže byť

nábor nových zamestnancov problematický. Možným riešením je zamerať sa na pracovné trhy v iných krajinách Európy. Potešiteľným prínosom by bol návrat slovenských špecialistov, ktorí si našli uplatnenie v tejto špecializácii mimo Slovenska. Je však iluzórne predpokladať, že samotná existencia superpočítača (ľubovoľného výkonu) a HPC centra na Slovensku je dostatočnou atrakciou, ktorá priláka slovenských špecialistov zo zahraničia. Svedčí o tom napríklad aj 42. miesto Slovenska v Indexe globálnej konkurencieschopnosti Svetového ekonomického fóra (2019)¹⁰⁴.

7.2 Budovanie a rozvoj ekosystému

Ako sme už viackrát uviedli, vybudovanie a udržiavanie životaschopného ekosystému HPC je nevyhnutnou podmienkou dosiahnutia prínosov projektu. Je prirodzené pomôcť si inšpiráciou z krajín, ktorým sa podarilo dosiahnuť momentum fungujúceho ekosystému. Na základe ich skúseností a špecifickej situácie na Slovensku môžeme potom navrhnúť viacero odporúčaní na dosiahnutie tohto cieľa.

7.2.1 Navrhovaný model budovania ekosystému HPC na Slovensku

Pozornosť pri rozvoji ekosystému je potrebné zameriavať nielen na potreby akademickej obce, ktorej časť je už v súčasnosti odberateľom služieb HPC, ale aj na verejnú správu a privátny sektor. Predpokladáme, že pri zintenzívnení spolupráce s univerzitami a podpore výskumných projektov, ktoré by využívali služby HPC, dôjde k nárastu dopytu minimálne o 30 %. Verejná správa (s výnimkou napr. SHMÚ) a privátny sektor na Slovensku v súčasnosti nie sú vôbec odberateľom služieb HPC, a to aj napriek mnohým príkladom ich využitia v zahraničí. Tímy z verejnej správy a tretieho sektora môžu zbierať, spracúvať a analyzovať demografické informácie, socioekonomické údaje alebo akékoľvek údaje, ktoré majú vplyv na ich iniciatívy. Môžu použiť HPC na lepšie pochopenie problémov vo svojich rezortoch a zisťovanie alebo overovanie nových trendov. Môžu nasadzovať a vytvárať modely alebo simulácie, ktoré presnejšie predpovedajú dôsledky vládnych opatrení. Používanie HPC v inteligentných mestách môže zlepšiť kontrolu bezpečnosti potravín, optimalizovať výrobu energie, rýchlosť núdzových reakcií, sledovať tok tovarov a služieb, predpovedať silné búrky alebo dopravné zápchy alebo napríklad pomôcť identifikovať deti ohrozené otravou nebezpečnými látkami ako olovom alebo azbestom (aplikované vysokovýkonné spracovanie veľkých objemov dát - HPDA, modelovanie a simulácie, umelá inteligencia a pod.). S dostatočnou podporou a sprístupnením príkladov zo zahraničia môže dôjsť k nárastu dopytu po službách HPC až o 40 %. Pokiaľ ide o privátny sektor, menšie aj väčšie súkromné spoločnosti môžu využiť všetky tieto možnosti a ešte viac. Môžu mať HPC k dispozícii pri vývoji nových produktov, zefektívnení výrobných procesov, analýze údajov o zákazníkoch. Dôležité je, aby boli pre nich služby HPC dostupné, to okrem existencie špecializovaných programov podporených expertmi znamená aj dostatok výpočtovej kapacity a za dostupných podmienok. V prípade podpory pri využívaní služieb, napríklad v spolupráci s Ministerstvom hospodárstva vo forme

¹⁰⁴ https://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf

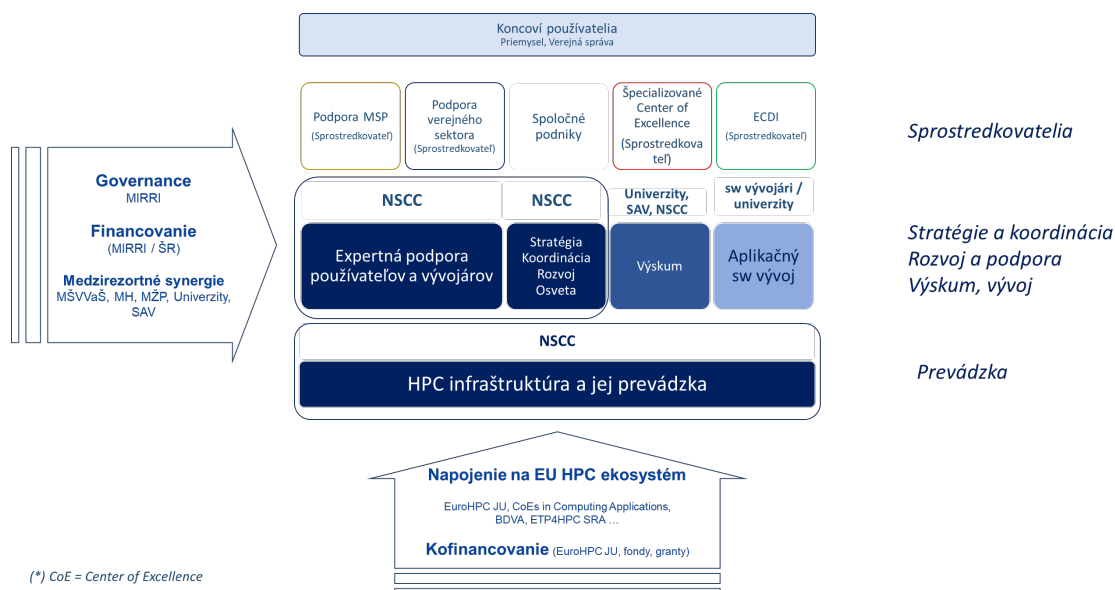
udeľovania grantov na využitie služieb HPC, môže aj v tomto sektore dôjsť k značnému nárastu dopytu.

Robustný ekosystém vyžaduje postavenie základných pilierov, ktoré budú oporou pre všetky skupiny jeho účastníkov fungujúcich na základe vzájomných vzťahov a kolaborácii. Verejná správa poskytuje financovanie, bez ktorého nie je možné prevádzkovať infraštruktúru IKT. Prevádzkovateľ zabezpečuje dostupnosť služieb HPC z technického hľadiska a podporu klientom, ktorí sú znalí problematiky a majú pri využití služieb HPC jasný zámer a metódu. Sprístupnenie služieb HPC za hranice súčasných používateľov sa ale nezaobíde bez množstva dobre organizovanej a koordinovanej spolupráce naprieč viacerými sektormi. Akademický sektor má byť nielen veľkou skupinou používateľov služieb, ale aj liahňou pre výchovu budúcich špecialistov, ktorí získajú znalosti a skúseností s využitím potenciálu HPC. Sprístupnenie služieb pre jednotlivé odvetvia a zamerania bude vyžadovať tvorbu nových nástrojov, aplikácií a softvérov, ktoré budú mostom k HPC pre malé a stredné firmy a verejný sektor. Bude tiež potrebný vznik sprostredkovateľských organizácií a spoločných podnikov, ktoré aj na základe zahraničných skúseností vytvoria modely využitia HPC a otvoria dvere slovenskej verejnej správe, mestám a firmám a budú aktívne vyhľadávať európske odporúčané postupy a prípadne aj možnosti financovania. S tým je spojená nutnosť podpory start-upov zameraných na programovanie aplikácií, na sprostredkovateľské aktivity a na budovanie centier excelentnosti pre jednotlivé oblasti. V zahraničí sa osvedčili aj rôzne výzvy a grantové programy poskytované rôznymi rezortmi štátnej správy, zamerané na zlepšenia v daných oblastiach, či už je to podpora ekonomiky alebo skvalitnenie zdravia. Všetky tieto skupiny by mali vytvoriť komplexný, navzájom kolaborujúci systém, ktorý bude potrebné organizovať, koordinovať a samozrejme financovať.

Z uvedeného vyplýva, že na to, aby sa dosiahol cieľ sprístupnenia HPC pre jednotlivé cieľové skupiny a významné zvýšenie dopytu po HPC službách, nestačí izolovaná aktivita nejakého regionálneho zoskupenia. Jedná sa o širokospektrálne úsilie, ktoré nevyhnutne musí byť dobre koordinované naprieč celou republikou, kde jednotliví hráči majú svoje špecifické úlohy (či už centrálne alebo regionálne orientované) a kde by rivalita mala ustúpiť kooperácii.

7.2.2 Úlohy a kompetencie jednotlivých častí ekosystému

Ako je možné vidieť na obrázku nižšie, navrhovaný ekosystém bude plniť viaceré, navzájom prepojené úlohy. Každá zo zložiek ekosystému má svoju úlohu v jeho rozvoji a udržaní jeho životaschopnosti.



Obrázok 12: Navrhovaná štruktúra slovenského HPC ekosystému

7.2.2.1 MIRRI SR

- vybudovanie centra HPC (infraštruktúra HPC, DC),
- zabezpečenie udržateľnosti prevádzky – zabezpečenie financovania zo štátneho rozpočtu a zdrojov EÚ,
- zabezpečenie a koordinácia medzirezortnej spolupráce (najmä ale nielen s MF SR, MH SR, MŠVVaŠ SR, MŽP, SAV),
- tvorba a koordinácia schém pomoci vo svojej gescii (grantové schémy pre podporu vedecko-výskumných aktivít, vzdelávacích programov, podpora digitalizácie – startupy, verejná správa a malé a stredné podniky),
- vykonávanie dohľadu a určovanie strategického smerovania,
- presadzovanie partnerskej spolupráce.

7.2.2.2 MH SR a MŠVVaŠ SR

- spoluúčasť na tvorbe, podpore a riadení schém pomoci vo svojej gescii (grantové schémy),
- podpora vedecko-výskumných aktivít, koordinácia tvorby vzdelávacích programov,
- podpora digitalizácie – startupy, verejná správa a malé a stredné podniky,
- presadzovanie partnerskej spolupráce.

7.2.2.3 NSCC ako prevádzkovateľ centra HPC

- zabezpečenie kontinuálnej dostupnosti služieb HPC a udržanie kvality ich poskytovania,
- expertná technická podpora používateľov,
- rozvoj dodatočných služieb a spravovanie katalóg služieb,
- správa prístupu k výpočtovým kapacitám pre oprávnených používateľov
- plánovanie a riadenie technologického rozvoja
- zabezpečenie bezpečnosti, monitoring a pravidelného reportingu

7.2.2.4 NSCC ako katalyzátor a koordinátor ekosystému

NSCC bude realizovať aktivity:

- prostredníctvom svojich zamestnancov
- prostredníctvom svojich členov
- nepriamo cez sprostredkovateľov alebo spolupracujúce entity

Úlohy NSCC v tejto oblasti sú:

- rozvoj partnerstva a koordinácia ostatných členov ekosystému,
- kontinuálne mapovanie potrieb, príprava vstupov pre tvorbu stratégií a implementácia schválených stratégií,
- osвета, propagácia, marketing, komunikácia s cieľom vytvárania/podpory dopytu po službách a výpočtových kapacitách HPC,
- priamy predaj výpočtových kapacít,
- budovanie portfólia služieb a kompetencií vo vybraných špecializáciách (napr. HPDA, AI/ML, simulácia a pod.),
- podpora sprostredkovateľov a predaj výpočtovej kapacity prostredníctvom nich,
- podpora používateľov (školenie, konzultácie, semináre a pod.),
- podpora vývojárov špecializovaných HPC aplikácií,
- vlastný výskum a vývoj vo vybraných oblastiach priamo alebo formou spoluúčasti,
- spoluúčasť na výchove budúcich odborníkov v oblasti HPC
- zabezpečovať úlohy Národného kompetenčného centra (v rámci EuroCC)
- zastrešovať a koordinovať spoluprácu na medzinárodnej úrovni (napr. EuroHPC, PRACE a ďalšie programy).

7.2.2.5 Akademický sektor (univerzity, SAV)

- výskum a vývoj v oblasti HPC
- výchova budúcich odborníkov v oblasti HPC
- presadzovanie a podpora využitia HPC ako nástroja v iných vedných odboroch
- budovanie vlastných kompetencií v špecializovaných oblastiach, napr. formou Center of Excellence aj s napojením na európske iniciatívy (napr. exaFoam, COEC, eCam, I4MS, F4F-EuroHPC, DeepHealth a mnohé ďalšie),

- podpora partnerskej spolupráce a spolupodieľanie sa na úlohách NSCC formou členstva

7.2.2.6 *Sprostredkovatelia služieb HPC*

Jedná sa o podnikateľské alebo i neziskové subjekty, ktorých misiou je poskytovanie služieb pre podnikateľský sektor (napr. ale nielen malé a stredné podniky) a tiež verejnú správu. Hovoríme napríklad o vznikajúcich Európskych centrách digitálnych inovácií (ECDI), ale i univerzitných pracoviskách (typu Center of Excellence), vývojárov softvéru a pod. Ich úlohou teda je:

- poskytovanie vlastných služieb súvisiacich s HPC, najmä v špecializovaných oblastiach alebo pre špeciálne aplikácie, prípadne so zameraním na vybrané skupiny zákazníkov, regionálne alebo branžovo,
- vytváranie dopytu po výpočtových kapacitách NSCC a ich predaj
- sprostredkovanie služieb HPC (primárne poskytovaných NSCC),
- podpora zintenzívnenie využívania pokročilých technológií a aplikácií v správe vecí verejných a službách občanom a podnikateľskej sfére (napr. podľa predošlej kapitoly).

7.2.2.7 *Verejný sektor*

- zintenzívnenie využívania pokročilých technológií a aplikácií v správe vecí verejných a službách občanom a podnikateľskej sfére (napr. podľa predošlej kapitoly),
- podpora rozvoja ekosystému – pozri vyššie pre špecifické rezorty (MH SR, MŠVVaŠ SR),
- presadzovanie partnerskej spolupráce.

7.3 Model udržateľného financovania prevádzky

Navrhovaný model udržateľného financovania prevádzky berie do úvahy očakávané náklady na prevádzku a podporu ekosystému, ako aj predpokladané výnosy z HPC a predpokladané príjmy z verejných zdrojov a štátneho rozpočtu. Tento model berie do úvahy, že cieľom projektu je nielen zabezpečiť poskytovanie služieb HPC, ale aj vybudovať a zveľaďovať ekosystém HPC na Slovensku.

Úvodom však treba zdôrazniť, že všetky európske centrá, zapojené do siete EuroHPC sú z prevažnej časti financované z verejných zdrojov (štátny rozpočet, EU fondy a pod.). Komerčné aktivity sú na jednej strane limitované existujúcim dopytom a na druhej strane pravidlami štátnej pomoci. Očakávať udržateľné financovanie prevádzky z tejto oblasti sa zatiaľ ukazuje ako nerealizovateľné.

Podrobný rozpis predpokladaných nákladov a výnosov projektu Vybudovanie ekosystému HPC na Slovensku je uvedený v kapitole 5.2 *Analýza prínosov a nákladov jednotlivých alternatív*.

7.3.1 Financovanie z verejných zdrojov a štátneho rozpočtu

Úspech projektu a dosiahnutie jeho strategických cieľov nevyhnutne vyžaduje, aby bolo po ukončení financovania z POO zabezpečené financovanie prevádzkových nákladov a podpory ekosystému HPC z verejných zdrojov a zo štátneho rozpočtu. Náklady s najvyšším dopadom na štátny rozpočet budú: prenájom dátového centra (v prípade alternatívy prenájmu DC) a cena energií. Náklady na prenájom je možné eliminovať výberom inej alternatívy realizácie DC. Náklady na spotrebu energií je možné veľmi mierne korigovať využitím solárnej energie, ale ich výška je priamo závislá na aktuálnej cene energií. Podľa analýzy Úradu pre reguláciu sieťových odvetví môže pri pokračovaní súčasných úrovní trhových cien energií vzrásť cena elektriny v roku 2023 o 80 až 100 % oproti súčasnosti. Vzhľadom na obrovskú volatilitu cien energií v čase odovzdania tejto štúdie a veľké rozdiely v zverejnených prognózach sme pri príprave rozpočtu vychádzali z predpokladaného nárastu cien počas najbližších troch rokov, po ktorom bude nasledovať návrat na súčasnú úroveň.

7.3.2 Ostatné zdroje EÚ

Okrem financovania zo štátneho rozpočtu môže prevádzkovateľ využiť ďalšie zdroje, ku ktorým máme prístup vďaka členstvu Slovenska v EÚ. Niektoré z nich existujú už v súčasnosti, ale je reálne predpokladať, že počas obdobia udržateľnosti projektu vzniknú vďaka prioritě EÚ v tejto oblasti aj ďalšie možnosti financovania prevádzky. Pri ich využití je potrebné predchádzať dvojitému financovaniu z prostriedkov mechanizmu a iných programov EÚ a vytvoriť systém overovania duplicity výdavkov zohľadňujúci typ a charakter výdavku ako aj jeho zdroj financovania.

7.3.2.1 Finančná podpora prevádzky prostredníctvom EuroHPC JU

Prevádzkovateľ HPC môže pri vybudovaní infraštruktúry IKT a pri jej následnom prevádzkovaní využiť niektoré z výziev spoločného podniku EuroHPC JU¹⁰⁵.

¹⁰⁵ https://eurohpc-ju.europa.eu/participate/calls_en

V minulosti spoločný podnik zverejnil výzvy na vybudovanie alebo na inováciu infraštruktúry HPC, na vytváranie centier excelentnosti, na vytváranie nových algoritmov pre aplikácie na európskych exascale superpočítačoch, na školenia a vzdelávanie v oblasti vysokovýkonnej výpočtovej techniky a na federáciu superpočítačových a dátových zdrojov. Slovensko sa prostredníctvom CSČ SAV už v súčasnosti zúčastňuje aktivít EuroHPC a má informácie o pripravovaných výzvach v tejto oblasti. S vysokou pravdepodobnosťou môžeme predpokladať, že pri predložení výzvy na financovanie obnovy infraštruktúry HPC bude môcť znížiť potrebu financovania prevádzky zo štátneho rozpočtu až o 35 %. Najbližšia výzva sa očakáva vo februári 2023 a mohla by byť využitá v rámci fázy 2 projektu. Práve táto možnosť bola braná do úvahy pri návrhu fázovania projektu.

7.3.2.2 Finančná podpora EÚ pre budovanie a rozvoj ekosystému HPC

Súčasťou projektu je nielen udržateľnosť samotnej infraštruktúry HPC a dátového centra, v ktorom bude umiestnená, ale aj rozvoj ekosystému HPC. Európska únia už v dnešnej dobe ponúka svojim členom viaceré zdroje financovania v tejto oblasti.

Program Horizon Europe¹⁰⁶ je kľúčovým programom EÚ na financovanie výskumu a inovácií s rozpočtom 95,5 miliardy EUR na roky 2021 – 2027. Horizon Europe si kladie za cieľ podporu nasledujúcich misí:

- adaptácia na klimatické zmeny,
- klimaticky neutrálne a inteligentné mestá,
- boj proti rakovine,
- obnova vôd a oceánov,
- prechod na zdravé pôdy.

Oprávnenými žiadateľmi o tieto prostriedky sú národné kompetenčné centrá, centrá excelentnosti a akademický sektor.

Program Digital Europe¹⁰⁷ podporuje a urýchľuje digitálnu transformáciu európskeho hospodárstva, priemyslu a spoločnosti. Program v hodnote 7,6 miliardy eur je súčasťou budúceho dlhodobého rozpočtu EÚ na roky 2021 - 2027. Poskytuje financovanie projektov v piatich kľúčových oblastiach: superpočítač, umelá inteligencia, kybernetická bezpečnosť, pokročilé digitálne zručnosti a zabezpečenie širokého využívania digitálnych technológií v celej ekonomike a spoločnosti. Program je vyladený tak, aby zaplnil medzeru medzi výskumom digitálnych technológií a ich nasadením a priniesol výsledky výskumu na trh – v prospech európskych občanov a podnikov, a najmä MSP.

Connecting Europe Facility¹⁰⁸ je kľúčovým finančným nástrojom EÚ na podporu rastu, zamestnanosti a konkurencieschopnosti prostredníctvom cielených investícií do infraštruktúry na európskej úrovni. Podporuje rozvoj vysokovýkonných, udržateľných a efektívne prepojených transeurópskych sietí v oblasti dopravy, energetiky a digitálnych

¹⁰⁶ https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en

¹⁰⁷ The Digital Europe Programme | Shaping Europe's digital future (europa.eu)

108 [Connecting Europe Facility | Innovation and Networks Executive Agency \(europa.eu\)](#)

služieb. Na obdobie rokov 2021-2027 je vyčlenený globálny rozpočet vo výške 28,4 miliardy eur. Oprávneným žiadateľom je najmä akademický sektor.

Interreg CENTRAL EUROPE¹⁰⁹ je program nadnárodnej spolupráce financovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja (ERDF) v rámci cieľa Európska územná spolupráca politiky súdržnosti. V súčasnosti financuje 48 projektov nadnárodnej spolupráce v oblasti inovácií. Jeho prioritami sú:

- Spolupráca za inteligentnejšiu strednú Európu (posilnenie inovačných kapacít),
- Spolupráca za zelenšiu strednú Európu (energetická transformácia, odolnosť voči rizikám zmeny klímy),
- Spolupráca za lepšie prepojenú Európu (dopravné spojenia)
- Zlepšenie riadenia spolupráce v strednej Európe

Celkový rozpočet programu je 280 779 751 eur, z čoho 224 623 801 eur je spolufinancovaných Európskym fondom regionálneho rozvoja (ERDF). Do nadnárodných projektových partnerstiev sa môžu zapojiť vnútroštátne, regionálne a miestne verejné orgány, súkromné inštitúcie vrátane súkromných spoločností s právnou subjektivitou a medzinárodné organizácie konajúce podľa vnútroštátneho práva ktoréhokoľvek členského štátu EÚ.

¹⁰⁹ <https://www.interreg-central.eu/Content.Node/documents/documents.html>

8 Právna analýza

8.1 Analýza právnej situácie a návrh optimálneho postupu obstarania investície

Pri obstarávaní infraštruktúry HPC a realizácie dátového centra prichádzajú do úvahy viaceré postupy vo verejnom obstarávaní: verejná súťaž, rokovacie konanie so zverejnením, súťažný dialóg¹¹⁰ a inovatívne partnerstvo upravené v zákone č. 343/2015 Z. z. o verejnom obstarávaní a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov (ďalej len „zákon o verejnom obstarávaní“).

8.1.1 Verejná súťaž

Verejná súťaž je pre verejného obstarávateľa upravená v § 66 zákona o verejnom obstarávaní. Verejná súťaž je najbežnejším a najpoužívanejším postupom verejného obstarávania pri nadlimitných zákazkách. Vyhlasuje sa pre neobmedzený počet hospodárskych subjektov.

Na zostavenie poradia ponúk automatizovaným vyhodnotením môže byť využitá elektronická aukcia. Elektronická aukcia sa nepoužije, ak ide o zákazku na poskytnutie služby a zákazku na uskutočnenie stavebných prác, ktorých predmetom je intelektuálne plnenie a poradie ponúk nemožno zostaviť automatizovaným vyhodnotením.

Verejná súťaž môže byť realizovaná ako:

- „Klasická“ verejná súťaž – verejný obstarávateľ vyhodnocuje najprv splnenie podmienok účasti / posúdenie dôvodov na vylúčenie a následne sa uskutočňuje vyhodnotenie ponúk,
- „Reverzná“ verejná súťaž – verejný obstarávateľ vyhodnocuje najprv ponuky a až následne sa uskutoční vyhodnotenie splnenia podmienok účasti / posúdenie dôvodov na vylúčenie – iba ak sa nepoužije elektronická aukcia,
- „Superreverzná“ verejná súťaž – verejný obstarávateľ vyhodnotí ponuky najprv na základe kritérií na vyhodnotenie ponúk a až následne sa uskutoční vyhodnotenie

¹¹⁰ Vzhľadom na rozhodovaciu prax Úradu pre verejné obstarávanie (ide najmä o rozhodnutie Rady úradu č. 8296-9000/2014- KR/32 zo dňa 08.09.2014) je v súčasnosti nemožné aplikovať v súťažnom dialógu tzv. faktickú elimináciu uchádzačov vo vedení dialógu. Zjednodušene, pri tzv. faktickej eliminácii ide o zníženie počtu riešení, o ktorých sa vedie dialóg, ako aj o vylúčenie uchádzača, ktorý takéto eliminované riešenie predložil. V praxi toto rozhodnutie Rady úradu znamená, že aj slabý uchádzač môže predložiť konečnú ponuku a stráca sa motivačný faktor vedenia dialógu pre uchádzačov a pre verejného obstarávateľa a obstarávateľa tento postup stratil na atraktivite. Aj keď tento problém nie je daný právnou úpravou (zákonom o verejnom obstarávaní, ako ani smernicami EÚ) a v iných krajinách EÚ sa faktická eliminácia v súťažných dialógoch používa, kým Úrad pre verejné obstarávanie (ďalej len ako „ÚVO“) nezmení svoju rozhodovaciu prax, je potrebné zohľadňovať aktuálny stav na Slovensku. Napriek tomu je súťažný dialóg zahrnutý medzi analyzované vhodné postupy vo verejnom obstarávaní.

ponúk z hľadiska splnenia požiadaviek na predmet zákazky a vyhodnotenie splnenia podmienok účasti / posúdenie dôvodov na vylúčenie – iba ak sa nepoužije elektronická aukcia.

Z pohľadu času ide o najrýchlejší postup.

Tabuľka 51: Popis krokov verejnej súťaže bez elektronickej aukcie

Procesné kroky verejnej súťaže	
P.č.	Procesný krok
1.	Rozhodnutie o zákazke – vypracovanie opisu predmetu zákazky čo najdetailnejšie, prípadne zrealizovanie prípravných trhových konzultácií, určenie predpokladanej hodnoty zákazky
2.	Preukazovanie neexistencie konfliktu záujmov v celom procese verejného obstarávania
3.	Možnosť zaslať podklady na ex-ante posúdenie (fakultatívne)
4.	Možnosť zverejnenia predbežného oznámenia (fakultatívne)
5.	Spracovanie súťažných podkladov (SP)
6.	Vypracovanie a uverejnenie oznámenia o vyhlásení verejného obstarávania
7.	Zverejnenie / poskytovanie SP
8.	Vysvetlenie informácií potrebných na vypracovanie ponuky a na preukázanie splnenia podmienok účasti
9.	Zriadenie komisie
10.	Predkladanie ponúk
11.	Otváranie/sprístupnenie ponúk - obchodné mená a sídla sa už nezverejňujú
12.	Vyhodnotenie splnenia podmienok účasti / posúdenie dôvodov na vylúčenie
13.	Vyhodnocovanie ponúk – požiadavky na predmet zákazky/kritériá na vyhodnotenie ponúk
14.	Vyhodnotenie splnenia podmienok účasti predložením dokladov nahradených JEDom
15.	Vypracovanie a odoslanie informácie o výsledku vyhodnotenia ponúk
16.	Zverejnenie informácie o výsledku vyhodnotenia ponúk a poradí uchádzačov v profile
17.	Vypracovanie vyjadrení v rámci revízných postupov (žiadost' o nápravu / námietky), ak boli uplatnené
18.	Možnosť podať podnet na kontrolu na ÚVO (fakultatívne)
19.	Uzavretie zmluvy – možnosť uskutočniť s úspešným uchádzačom rokovania o znížení zmluvnej ceny
20.	Vrátenie zábezpeky
21.	Vypracovanie a zverejnenie Oznámenia o výsledku verejného obstarávania
22.	Spracovanie/archivovanie dokumentácie k verejnému obstarávaniu
23.	Zverejnenie zmluvy v CRZ a v profile
24.	Zverejnenie dokumentov určených v § 64 ods. 1 písm. b) a písm. d) zákona o verejnom obstarávaní v profile po uzavretí zmluvy
25.	Plnenie ďalších povinností voči ÚVO, EÚ a iným orgánom – napr. poskytnúť dokumentáciu /zaslať správu o zákazke
26.	Možnosť zmeny zmluvy počas jej trvania/Odstúpenie od zmluvy len v súlade so zákonom o verejnom obstarávaní
27.	Vyhotovenie referencie
28.	V prípade zrušenia verejného obstarávania – vypracovanie a zverejnenie oznámenia o výsledku verejného obstarávania (o zrušení) v profile a upovedomenie záujemcov/uchádzačov

Pri obzvlášť zložitých a komplexných projektoch, kde verejný obstarávateľ z objektívnych príčin nedokáže zadefinovať požiadavky na predmet zákazky, prichádza do úvahy využitie postupu rokovacieho konania so zverejnením, resp. súťažného

dialógu¹¹¹. Oba tieto postupy, na rozdiel od „klasických“ postupov vo verejnom obstarávaní (akým je aj vyššie popísaná verejná súťaž), umožňujú verejným obstarávateľom rokovať s uchádzačmi o náležitostiach ich riešení / ponúk alebo o všetkých aspektoch verejného obstarávania, aby tieto najlepšie zodpovedali ich potrebám. Uvedené postupy by sa však nemali používať tam, kde by verejný obstarávateľ mohol získať tovary, služby alebo stavebné práce, ktoré sú bežne dostupné na trhu, resp. pri ktorých by mal byť verejný obstarávateľ objektívne spôsobilý opísať technické špecifikácie.

V prípade využitia postupu rokovacieho konania so zverejnením, resp. súťažného dialógu, ak verejný obstarávateľ nemá na začiatku procesu verejného obstarávania jasne stanovené kritériá na vyhodnotenie ponúk, má možnosť ich určiť len podľa ich dôležitosti, a to v zostupnom poradí. Predmetom rokovania nemôže byť zmena týchto kritérií oproti tomu, ako boli stanovené v oznámení o vyhlásení verejného obstarávania, v informatívnom dokumente či vo výzve na predkladanie ponúk. **Na základe rokovania však môže dôjsť k určitej ďalšej špecifikácii týchto kritérií, prípadne k doplneniu ich váhy, ak boli definované len poradím podľa svojej dôležitosti. Všetky tieto úpravy kritérií však musia byť v súlade s pôvodne stanovenými kritériami.**

8.1.2 Rokovacie konanie so zverejnením

Rokovacie konanie so zverejnením je pre verejného obstarávateľa upravené v § 70 až § 73 zákona o verejnom obstarávaní.

Rokovacie konanie so zverejnením môže verejný obstarávateľ použiť iba v prípade splnenia aspoň jednej z taxatívne vymedzených podmienok v zákone o verejnom obstarávaní. Je jednou z „viackolových“ súťaží, pričom prebieha v nasledovných fázach:

- 1 vyhlásenie rokovacieho konania so zverejnením uverejnením oznámenia o vyhlásení verejného obstarávania,
- 2 vyhodnotenie splnenia podmienok účasti, resp. výber obmedzeného počtu záujemcov, ktorých verejný obstarávateľ výzve na predloženie základných, resp. ďalších priebežných ponúk,
- 3 rokovanie s uchádzačmi o základných, resp. priebežných ponukách,
- 4 vyhodnotenie konečnej ponuky.

Rokovacie konanie so zverejnením môže byť bez obmedzenia počtu záujemcov, s ktorými bude verejný obstarávateľ rokovať alebo s obmedzením počtu záujemcov (užší výber spomedzi záujemcov, ktorí splnili podmienky účasti – tzv. „short list“ – minimálne 3 záujemcovia), s ktorými bude verejný obstarávateľ rokovať.

¹¹¹ S prihladnutím na negatívne skúsenosti s angažovanosťou uchádzačov oslovených dodávateľov počas prieskumu v rámci štúdie sme neuvažovali o viackolovej realizácii PTK a použití MEAT kritérií v rámci verejnej súťaže.

Verejný obstarávateľ môže určiť, že sa rokovacie konanie so zverejnením uskutoční v niekoľkých po sebe nasledujúcich etapách s cieľom znížiť počet ponúk, ktoré sa majú prerokovať na základe kritérií na vyhodnotenie ponúk uvedených v oznámení o vyhlásení verejného obstarávania (ďalej aj len „oznámenie“), ak túto možnosť uviedol v oznámení alebo v súťažných podkladoch. Ak si verejný obstarávateľ zvolí túto možnosť, počtom ponúk dosiahnutým v poslednej etape musí umožniť hospodársku súťaž, ak je dostatočný počet vhodných ponúk, ktoré neboli vylúčené. Verejný obstarávateľ je povinný písomne informovať všetkých uchádzačov, ktorých ponuky neboli vylúčené (využitá možnosť zníženia počtu ponúk), o každej zmene technických požiadaviek alebo iných požiadaviek, ktoré vyplynuli z rokovania; tým nie je dotknutá povinnosť, že predmetom rokovania nesmú byť určené minimálne požiadavky, ktoré musia spĺňať všetky ponuky, ani kritériá na vyhodnotenie ponúk. Verejný obstarávateľ poskytne uchádzačom dostatočnú lehotu, aby upravili a opätovne predložili pozmenené ponuky.

Verejný obstarávateľ môže zadať zákazku aj na základe základných ponúk bez uskutočnenia rokovania, ak si túto možnosť vyhradil v oznámení, avšak len v prípade použitia rokovacieho konania so zverejnením podľa § 70 ods. 1 písm. e) zákona o verejnom obstarávaní, teda ak sa pristúpilo k rokovaciemu konaniu so zverejnením z dôvodu, že v predchádzajúcej verejnej súťaži alebo v užšej súťaži boli všetky ponuky neregulárne alebo neprijateľné.

Špecifikom rokovacieho konania so zverejnením je etapa rokovaní. Výzvu na predkladanie základných ponúk (súčasťou výzvy sú súťažné podklady alebo odkaz na miesto ich zverejnenia) verejný obstarávateľ pošle len vybraným záujemcom, ktorí splnili podmienky účasti, resp. boli vybraní pri uplatnení obmedzovania počtu záujemcov. Východiskom pre vytvorenie základných ponúk sú teda súťažné podklady (musia byť zverejnené už pri vyhlásení), ale ak sa použije viacetapové rokovanie, tieto prvotné súťažné podklady nemusia byť tak detailné, ako je tomu pri verejnej súťaži.

Po predložení základných ponúk sa o nich rokuje, s cieľom zlepšiť ich obsah. Rokovať sa nesmie iba o konečných ponukách.

Základným rysom rokovacieho konania so zverejnením je tak viacetapové rokovanie, kde sa po rokovaní o základných ponukách vyhotovia aktualizované súťažné podklady a uchádzači predložia na základe výzvy na predkladanie ponúk ďalšie ponuky. O týchto ďalších ponukách možno takisto rokovať. Zásadnou výhodou viacetapového rokovacieho konania je, že možno znížiť počet prerokúvaných ponúk, pričom (na rozdiel od súťažného dialógu) zníženie počtu ponúk znamená, že takýto uchádzač už nebude vyzvaný na ďalšie kolo rokovaní, teda fakticky bude vylúčený a nebude môcť predložiť ani konečnú ponuku. Takto možno v etapách rokovacieho konania kvalitatívne diferencovať uchádzačov na základe obsahu ich ponúk (najmä na základe technického riešenia).

Znižovanie počtu ponúk sa realizuje na základe na začiatku určených kritérií na vyhodnotenie ponúk, ktoré boli zverejnené v oznámení (určené minimálne podľa ich dôležitosti, a to v zostupnom poradí), prípadne došpecifikované doplnením ich váhy v procese rokovania.

Verejný obstarávateľ po ukončení rokovaní písomne oznámi uchádzačom, ktorých ponuky neboli vylúčené, ukončenie rokovania a vyzve ich na predkladanie konečných ponúk. Po vyhodnotení konečných ponúk (o týchto už nemožno rokovať) sa vyberie úspešný uchádzač.

V nasledujúcej tabuľke je uvedený popis krokov rokovacieho konania so zverejnením s využitím možnosti viacerých etáp, s obmedzením počtu záujemcov a bez využitia elektronickej aukcie.

Tabuľka 52: Popis krokov rokovacieho konania so zverejnením

Rokovacie konanie so zverejnením	
P.č.	Procesný krok
1.	Rozhodnutie o zákazke – vypracovanie opisu predmetu zákazky – minimálne požiadavky, prípadne zrealizovanie prípravných trhových konzultácií, určenie predpokladanej hodnoty zákazky
2.	Vyhotovenie odôvodnenia použitia rokovacieho konania so zverejnením
3.	Preukazovanie neexistencie konfliktu záujmov v celom procese verejného obstarávania
4.	Možnosť zaslať podklady na ex-ante posúdenie (fakultatívne)
5.	Možnosť zverejnenia predbežného oznámenia (fakultatívne)
6.	Spracovanie dokumentu o predkladaní žiadosti o účasť/výbere záujemcov
7.	Spracovanie súťažných podkladov (SP)
8.	Vypracovanie a uverejnenie oznámenia o vyhlásení verejného obstarávania
9.	Zverejnenie/poskytovanie SP a dokumentu o predkladaní žiadosti o účasť
10.	Vysvetlenie informácií potrebných na preukázanie splnenia podmienok účasti
11.	Zriadenie komisie na vyhodnotenie splnenia podmienok účasti (fakultatívne)
12.	Predloženie žiadosti o účasť
13.	Sprístupnenie a vyhodnotenie žiadostí o účasť / posúdenie dôvodov na vylúčenie
14.	Vypracovanie a zaslanie výzvy na predkladanie základných ponúk
15.	Vysvetlenie výzvy na predkladanie základných ponúk, resp. informácií potrebných na vypracovanie základnej ponuky
16.	Zriadenie komisie na vyhodnotenie základných/priebežných ponúk a na vedenie rokovaní
17.	Predkladanie základných ponúk - obchodné mená a sídla sa už nezverejňujú
18.	Otváranie/sprístupnenie základných ponúk
19.	Vyhodnocovanie základných ponúk a rokovanie o základných ponukách
20.	Opakovanie krokov č. 14, 15 a č. 17 až 19 v prípade predkladania ďalších priebežných ponúk podľa počtu etáp
21.	Zaslanie výzvy na predloženie konečnej ponuky
22.	Vysvetlenie výzvy na predkladanie konečných ponúk, resp. informácií potrebných na vypracovanie konečnej ponuky
23.	Zriadenie komisie na vyhodnotenie konečných ponúk (môže byť tá istá, ktorá vyhodnocovala základné/priebežné ponuky)
24.	Predkladanie konečných ponúk
25.	Otváranie/sprístupnenie konečných ponúk - obchodné mená a sídla sa už nezverejňujú
26.	Vyhodnocovanie konečných ponúk
27.	Vypracovanie a odoslanie informácie o výsledku vyhodnotenia konečných ponúk
28.	Zverejnenie informácie o výsledku vyhodnotenia konečných ponúk a poradie uchádzačov v profile
29.	Vypracovanie vyjadrení v rámci revízných postupov (žiadost' o nápravu / námietky), ak boli uplatnené

Rokovacie konanie so zverejnením

30. Možnosť podať podnet na kontrolu na ÚVO (fakultatívne)
31. Uzavretie zmluvy - možnosť uskutočniť s úspešným uchádzačom rokovania o znížení zmluvnej ceny
32. Vrátenie zábezpeky
33. Vypracovanie a zverejnenie Oznámenia o výsledku verejného obstarávania
34. Spracovanie/archivovanie dokumentácie k verejnému obstarávaniu
35. Zverejnenie zmluvy v CRZ a v profile
36. Zverejnenie dokumentov určených v § 64 ods. 1 písm. b) a písm. d) zákona o verejnom obstarávaní v profile po uzavretí zmluvy
37. Plnenie ďalších povinností voči ÚVO, EÚ a iným orgánom – napr. poskytnúť dokumentáciu /zaslať správu o zákazke
38. Možnosť zmeny zmluvy počas jej trvania/Odstúpenie od zmluvy len v súlade so zákonom o verejnom obstarávaní
39. Vyhodenie referencie
40. V prípade zrušenia verejného obstarávania – vypracovanie a zverejnenie oznámenia o výsledku verejného obstarávania (o zrušení) v profile a upovedomenie záujemcov/uchádzačov

8.1.3 Súťažný dialóg

Súťažný dialóg je pre verejného obstarávateľa upravený v § 74 až § 77 zákona o verejnom obstarávaní. Súťažný dialóg môže verejný obstarávateľ použiť iba v prípade splnenia aspoň jednej z taxatívne vymedzených podmienok v § 70 ods. 1 zákona o verejnom obstarávaní. Pri tomto postupe nie je možné použiť elektronickú aukciu.

Prebieha v nasledovných fázach:

- 1 Vyhlásenie súťažného dialógu uverejnením oznámenia o vyhlásení verejného obstarávania;
- 2 Vyhodnotenie splnenia podmienok účasti, resp. výber obmedzeného počtu záujemcov, ktorých verejný obstarávateľ vyzve na vedenie dialógu;
- 3 Vedenie dialógu;
- 4 Vyhodnotenie konečných ponúk.

Súťažný dialóg sa vyhlasuje pre neobmedzený počet hospodárskych subjektov. Verejný obstarávateľ môže obmedziť počet záujemcov (užší výber spomedzi záujemcov, ktorí splnili podmienky účasti – tzv. „short list“ – najmenej traja záujemcovia), ktorých vyzve na účasť na dialógu.

Verejný obstarávateľ vedie dialóg so záujemcami, ktorých vyzve na účasť na dialógu. Cieľom súťažného dialógu je nájsť a definovať najvhodnejší spôsob na uspokojenie potrieb verejného obstarávateľa. Riešenia/Konečné ponuky sa vyhodnocujú len na základe najlepšieho pomeru ceny a kvality.

Verejný obstarávateľ môže určiť, že sa súťažný dialóg uskutoční v niekoľkých po sebe nasledujúcich etapách s cieľom znížiť počet riešení, ktoré sa majú prerokovať na základe kritérií na vyhodnotenie ponúk uvedených v oznámení o vyhlásení verejného

obstarávania (oznámenie), ak túto možnosť uviedol v oznámení, resp. v informatívnom dokumente.

Pri rokovacom konaní so zverejnením - postupe procesne najbližšom súťažnému dialógu – verejný obstarávateľ rokuje s uchádzačmi o predložených základných ponukách, zatiaľ čo pri súťažnom dialógu môžu uchádzači predkladať svoje priebežné ponuky (riešenia) až po úvodnom kole/kolách dialógu. Zákon o verejnom obstarávaní teda nevyžaduje predloženie riešenia pred začatím vedenia dialógu, požadovanie predloženia riešenia pred začatím vedenia dialógu (po výzve na účasť na dialóg), ale nie je vylúčené. V postupe krokov súťažného dialógu pracujeme s možnosťou, že záujemcovia, ktorí boli vyzvaní na účasť na súťažný dialóg, predložili riešenia a o týchto riešeniach sa bude ďalej rokovať.

K súťažnému dialógu je vhodné pristúpiť najmä vtedy, keď použitie verejnej súťaže neprichádza do úvahy, a to z dôvodu objektívnych ťažkostí pri popise a špecifikácii predmetu verejného obstarávania alebo pri stanovení a formulácii právnych alebo finančných podmienok daného predmetu verejného obstarávania, pričom tieto prekážky môže verejný obstarávateľ prekonať práve vďaka dialógu s odborne kvalifikovanými záujemcami, ktorým v informatívnom dokumente predstaví základnú predstavu.

V nasledujúcej tabuľke je uvedený popis krokov súťažného dialógu bez využitia možnosti viacerých etáp, s obmedzením počtu záujemcov a s predložením riešení.

Tabuľka 53: Popis krokov súťažného dialógu

Súťažný dialóg	
P.č.	Procesný krok
	Rozhodnutie o zákazke – zadenovanie potrieb a požiadaviek, prípadne zrealizovanie prípravných trhových konzultácií, určenie predpokladanej hodnoty zákazky
1.	
2.	Vyhotovenie odôvodnenia použitia súťažného dialógu
3.	Preukazovanie neexistencie konfliktu záujmov v celom procese verejného obstarávania
4.	Možnosť zaslať podklady na ex-ante posúdenie (fakultatívne)
5.	Možnosť zverejnenia predbežného oznámenia (fakultatívne)
6.	Spracovanie dokumentu o predkladaní žiadosti o účasť/výbere záujemcov
7.	Spracovanie úvodného informatívneho dokumentu
8.	Vypracovanie a uverejnenie oznámenia o vyhlásení verejného obstarávania
9.	Zverejnenie/poskytovanie informatívneho dokumentu a dokumentu o predkladaní žiadosti o účasť
10.	Vysvetlenie informácií potrebných na preukázanie splnenia podmienok účasti
11.	Zriadenie komisie na vyhodnotenie splnenia podmienok účasti (fakultatívne)
12.	Predloženie žiadosti o účasť
13.	Sprístupnenie a vyhodnotenie žiadostí o účasť / posúdenie dôvodov na vylúčenie
14.	Vypracovanie a zaslanie výzvy na účasť na dialóg
15.	Vysvetlenie informácií vo výzve na účasť a v informatívnom dokumente
	Zriadenie komisie na vedenie dialógu (fakultatívne) – odporúča sa, najlepšie tá istá komisia, ktorá bude hodnotiť aj
16.	konečné ponuky
17.	Predkladanie riešení
18.	Sprístupnenie riešení a predbežné posudzovanie riešení

19. Vedenie dialógu
 20. Spracovanie finálneho informatívneho dokumentu
 21. Zverejnenie/poskytovanie finálneho informatívneho dokumentu
 22. Vypracovanie a zaslanie informácie o ukončení dialógu a výzvy na predloženie konečnej ponuky
 23. Vysvetlenie informácií potrebných na vypracovanie konečnej ponuky
 24. Zriadenie komisie na vyhodnotenie konečných ponúk (môže byť tá istá, ktorá viedla dialóg, ak bola zriadená)
 25. Predkladanie konečných ponúk
 26. Otváranie/sprístupnenie konečných ponúk - obchodné mená a sídla sa už nezverejňujú
 27. Vyhodnocovanie konečných ponúk
Rokovanie s úspešným uchádzačom (fakultatívne) - možnosť rokovať s úspešným uchádzačom s cieľom potvrdenia finančných záväzkov alebo iných podmienok uvedených v ponuke finalizovaním podmienok zmluvy, za predpokladu, že to nespôsobí podstatnú zmenu základných aspektov ponuky
 28. Vypracovanie a odoslanie informácie o výsledku vyhodnotenia konečných ponúk
 30. Zverejnenie informácie o výsledku vyhodnotenia konečných ponúk a poradí uchádzačov v profile
 31. Vypracovanie vyjadrení v rámci revízných postupov (žiadost' o nápravu / námietky), ak boli uplatnené
 32. Možnosť podať podnet na kontrolu na ÚVO (fakultatívne)
 33. Uzavretie zmluvy
 34. Vrátenie zábezpeky
 35. Vypracovanie a zverejnenie Oznámenia o výsledku verejného obstarávania
 36. Spracovanie/archivovanie dokumentácie k verejnému obstarávaniu
 37. Zverejnenie zmluvy v CRZ a v profile
Zverejnenie dokumentov určených v § 64 ods. 1 písm. b) a písm. d) zákona o verejnom obstarávaní v profile po uzavretí zmluvy
 38. Plnenie ďalších povinností voči ÚVO, EÚ a iným orgánom – napr. poskytnúť dokumentáciu /zaslať správu o zákazke
 39. Možnosť zmeny zmluvy počas jej trvania/Odstúpenie od zmluvy len v súlade so zákonom o verejnom obstarávaní
 40. Vyhotovenie referencie
 41. V prípade zrušenia verejného obstarávania – vypracovanie a zverejnenie oznámenia o výsledku verejného obstarávania (o zrušení) v profile a upovedomenie záujemcov/uchádzačov
 - 42.
-

8.1.4 Inovatívne partnerstvo

Predpokladom uplatnenia postupu inovatívneho partnerstva je potreba inovačného výrobku, stavebných prác alebo služieb, ktorú nemožno uspokojiť dodaním výrobku, stavebných prác alebo služieb už dostupných na trhu. Druhou podmienkou použitia postupu IP je, že predpokladaná hodnota tovaru, stavebných prác alebo služieb musí byť primeraná investíciám na ich vývoj.

Zákon o verejnom obstarávaní definuje inováciu ako „zavedenie nového alebo významne zlepšeného výrobku, služby alebo procesu, ktorý môže zahŕňať aj výrobný, stavebný alebo konštrukčný proces, novú marketingovú metódu alebo novú organizačnú metódu do podnikateľskej praxe, organizáciu pracovného prostredia alebo vonkajších vzťahov“.

Proces inovatívneho partnerstva prebieha v troch fázach:

- 1. fáza výberu – prebieha úplne na začiatku, keď sa na základe zručností a schopností vyberie jeden alebo viac najvhodnejších partnerov. Následne sa na základe najlepšieho pomeru ceny a kvality uzavrie/uzavrú zmluva/zmluvy, ktorou/ktorými sa zriadi inovatívne partnerstvo,
- 2. fáza výskumu a vývoja – partner v spolupráci s verejným obstarávateľom vyvinie nové riešenie. Môže byť ďalej rozdelená do niekoľkých etáp určených na vyhodnocovanie koncepcií, vývoj prototypov a/alebo testovanie výkonu. V prípade inovatívneho partnerstva s viacerými partnermi sa v priebehu každej fázy počet partnerov môže znížiť na základe vopred stanovených kritérií.
- 3. komerčná fáza - partner poskytne konečné výsledky.

Inovatívne partnerstvo sa vyhlasuje pre neobmedzený počet hospodárskych subjektov, alebo verejný obstarávateľ môže obmedziť počet záujemcov (užší výber spomedzi záujemcov, ktorí splnili podmienky účasti – tzv. „short list“), ktorých vyzve na účasť na inovatívnom partnerstve, najmenej na troch.

Verejný obstarávateľ môže rozhodnúť o zriadení inovatívneho partnerstva s jedným partnerom alebo s viacerými partnermi, ktorí budú vykonávať samostatné činnosti v oblasti výskumu a vývoja.

Ponuky sa vyhodnocujú len na základe najlepšieho pomeru ceny a kvality.

Základnou logikou inovatívneho partnerstva je, že ponuky na výskum a vývoj aj na poskytnutie výsledných riešení sa predkladajú na začiatku súťažného postupu verejného obstarávania a že riešenia sa v skutočnosti ďalej vyvíjajú aj počas realizácie zákazky. V tom spočíva významný rozdiel v porovnaní s postupom súťažného dialógu, v ktorom dialóg pokračuje dovtedy, kým verejný obstarávateľ neurčí riešenie, ktoré najlepšie vyhovuje jeho potrebám.

V nasledujúcej tabuľke je uvedený postup krokov variantu bez možnosti viacerých etáp s možným obmedzením počtu záujemcov a s jedným partnerom.

Tabuľka 54: Popis krokov inovatívneho partnerstva

Inovatívne partnerstvo	
P.č.	Procesný krok
1.	Rozhodnutie o zákazke - opis potreby inovačného riešenia cez minimálne požiadavky, prípadne zrealizovanie prípravných trhových konzultácií, určenie predpokladanej hodnoty zákazky
2.	Preukazovanie neexistencie konfliktu záujmov v celom procese verejného obstarávania
3.	Možnosť zaslať podklady na ex-ante posúdenie (fakultatívne)
4.	Možnosť zverejnenia predbežného oznámenia (fakultatívne)
5.	Spracovanie dokumentu o predkladaní žiadosti o účasť/výbere záujemcov
6.	Spracovanie súťažných podkladov (SP)
7.	Vypracovanie a uverejnenie oznámenia o vyhlásení verejného obstarávania

8. Zverejnenie/poskytovanie SP a dokumentu o predkladaní žiadosti o účasť
9. Vysvetlenie informácií potrebných na preukázanie splnenia podmienok účasti
10. Zriadenie komisie na vyhodnotenie splnenia podmienok účasti (fakultatívne)
11. Predloženie žiadosti o účasť
12. Sprístupnenie a vyhodnotenie žiadostí o účasť/ posúdenie dôvodov na vylúčenie
13. Vypracovanie a zaslanie výzvy na predkladanie základných ponúk
14. Vysvetlenie informácií vo výzve na predkladanie základných ponúk, resp. informácií potrebných na vypracovanie základnej ponuky
15. Zriadenie komisie na vyhodnotenie základných ponúk a na vedenie rokovaní
16. Predkladanie základných ponúk - obchodné mená a sídla sa už nezverejňujú
17. Otváranie/sprístupnenie základných ponúk
18. Vyhodnocovanie základných ponúk a rokovanie o základných ponukách
19. Spracovanie a zverejnenie výsledného znenia SP
20. Zaslanie výzvy na predloženie konečnej ponuky
21. Vysvetlenie výzvy na predkladanie konečných ponúk, resp. informácií potrebných na vypracovanie konečnej ponuky
22. Zriadenie komisie na vyhodnotenie konečných ponúk (môže byť tá istá, ktorá vyhodnocovala základné ponuky)
23. Predkladanie konečných ponúk
24. Otváranie/sprístupnenie konečných ponúk - obchodné mená a sídla sa už nezverejňujú
25. Vyhodnocovanie konečných ponúk
26. Vypracovanie a odoslanie informácie o výsledku vyhodnotenia konečných ponúk
27. Zverejnenie informácie o výsledku vyhodnotenia konečných ponúk a poradi uchádzačov v profile
28. Vypracovať vyjadrenia v rámci revíznych postupov (žiadost' o nápravu/námietky), ak boli uplatnené
29. Možnosť podať podnet na kontrolu na ÚVO (fakultatívne)
30. Uzavretie zmluvy o partnerstve
31. Vrátenie zábezpeky
32. Vypracovanie a zverejnenie Oznámenia o výsledku verejného obstarávania
33. Spracovanie/archivovanie dokumentácie k verejnému obstarávaniu
34. Zverejnenie zmluvy v CRZ a v profile
35. Zverejnenie dokumentov určených v § 64 ods. 1 písm. b) a písm. d) zákona o verejnom obstarávaní v profile po uzavretí zmluvy
36. Realizovanie fázy výskumu a vývoja (môže byť rozdelená na viacero etáp - v každej etape sa sleduje naplnenie cieľov) – rokovania s partnerom, ktorý podľa potrieb vypracuje nové riešenie v spolupráci s verejným obstarávateľom a vyplácanie odmeny v primeraných splátkach.
37. Preskúvanie plnení čiastkových / priebežných cieľov v súlade s pravidlami uvedenými v zmluve
38. Opakovanie krokov 36. a 37. podľa počtu zadaných etáp fázy výskumu a vývoja
39. Fáza nákupu/Dodanie konečného riešenia (Obchodná fáza)
40. Plnenie ďalších povinností voči ÚVO, EÚ a iným orgánom – napr. poskytnúť dokumentáciu /zaslať správu o zákazke
41. Možnosť zmeny zmluvy počas jej trvania/Odstúpenie od zmluvy len v súlade so zákonom o verejnom obstarávaní
42. Možnosť ukončenia zmluvy o partnerstve po ktorejkoľvek zadaných etáp fázy výskumu a vývoja, ak je táto možnosť upravená v zmluve
43. Vyhodnotenie referencie
44. V prípade zrušenia verejného obstarávania - vypracovanie a zverejnenie oznámenia o výsledku verejného obstarávania (o zrušení) v profile a upovedomenie záujemcov/uchádzačov

8.1.5 Porovnanie pozitív a negatív vyššie rozobratých postupov

Tabuľka 55: Verejná súťaž, porovnanie pozitív a negatív

Verejná súťaž	
Pozitíva	Negatíva
Najrýchlejší spôsob na zadanie zákazky; Procesne najjednoduchší a v praxi najpoužívanější postup; Je možné použiť požiadavku na vlastný návrh plnenia (technické riešenie) v ponuke; Je možné v kritériách na vyhodnotenie ponúk použiť vyhodnocovanie kvality expertov; Pre kontrolórov najmenej sporný postup; Všetky podklady od uchádzačov sú na hodnotenie predložené súčasne (t. j. časové úspory); Dostupnosť časovo kratšej a procesne jednoduchšej reverznej verejnej súťaže; Dodávatelia sú na tento postup zvyknutí; Zabezpečená dostatočná hospodárska súťaž.	Potreba veľmi detailného, úplného, nestranného a jednoznačného zadania (uchádzači sa tu nemôžu legálne podieľať na tvorbe zadania) a vyváženej zmluvy; Najnižšia manažovateľnosť procesu; Nemožnosť odlíšiť kvalitu ponúk; Ponuku môže dať ktokoľvek; Vyššia administratívna záťaž pre verejného obstarávateľa - všetky ponuky, ktoré sú v súlade s požiadavkami, musí verejný obstarávateľ preskúmať, čo môže oddialiť zadanie zákazky (ak nejde o reverznú verejnú súťaž); Vzhľadom na vyššie uvedené faktory tlak na relatívne prísne podmienky účasti (kvalifikačné kritériá), požiadavky na obsah ponuky a z toho vyplývajúce vyššie riziko vylúčovania a revízných postupov; Nízke stimuly k inovačnému riešeniu.
Trvanie	
1 Prípravná fáza: cca 4-6 týždňov 2 Predkladanie a vyhodnocovanie ponúk, určenie úspešného uchádzača a uzavretie zmluvy: cca 11-13 týždňov (reverzná verejná súťaž cca 10-12 týždňov) 3 V prípade uplatnenia revízných postupov, najmä námietok možnosť predĺženia až o cca 1- 2 mesiace na jedno konanie.	
Spolu min. približne 4-5 mesiacov (bez námietok)	

Tabuľka 56: Rokovacie konanie so zverejnením, porovnanie pozitív a negatív

Rokovacie konanie so zverejnením	
Pozitíva	Negatíva
Možnosť optimalizovať samotný proces verejného obstarávania, keďže po uskutočnení predkvalifikácie a prípadnom obmedzení počtu záujemcov je známy okruh záujemcov, ktorí môžu predložiť základné ponuky a s ktorými sa bude rokovať; Možnosť obmedziť účasť len na hospodárske subjekty s vysokou úrovňou špecializácie (v prípade zložitých zákaziek, pri ktorých si príprava ponuky vyžaduje značné náklady, obmedzenie počtu záujemcov prostredníctvom predkvalifikácie môže súťaž zatriktívniť, lebo záujemcovia/uchádzači, ktorí prešli predkvalifikáciou, majú väčšiu šancu vyhrať ako v rámci verejnej súťaže); Možnosť použiť viacetapové rokovacie konanie; Pri viacetapovom rokovaní môžu byť prvotné súťažné podklady zjednodušené, čím sa skracuje prípravná fáza; Pri viacetapovom rokovaní môže dôjsť k zníženiu počtu ponúk, pričom takýto uchádzač už nebude vyzvaný na ďalšie kolo rokovaní, teda fakticky bude vylúčený; Legálny priestor na zohľadňovanie kvality ponúk; Legálne možno získať know-how a technické riešenia od uchádzačov priamo v procese verejného obstarávania; Možnosť vytvárať/dotvárať opis predmetu zákazky a zmluvné podmienky na základe rokovaní s uchádzačmi; Pravidlá uplatnenia kritérií na vyhodnotenie ponúk, na základe ktorých sa realizuje aj prípadné znížovanie počtu ponúk, možno detailnejšie opísať v súťažných podkladoch, a to aj v súťažných podkladoch použitých v druhom a nasledujúcom kole rokovaní; Obmedzenejší počet ponúk, a tým aj menšia administratívna náročnosť pri samotnom vyhodnocovaní ponúk.	Procesne komplikovanejší postup; Dlhšie trvanie – min. 6-8 mesiacov; Potreba vysokej miery angažovanosti zástupcov verejného obstarávateľa v komisii pri rokovaniach s uchádzačmi; Potreba určenia viacerých kritérií na vyhodnotenie ponúk; Znižovanie počtu ponúk sa vykonáva na základe kritérií na vyhodnotenie ponúk, ktoré musia byť určené už v oznámení, nemožno kritériá meniť počas rokovaní (možnosť iba došpecifikovať); Pre možnosť viacetapového rokovacieho konania takmer odpadá potreba využitia obmedzovania počtu záujemcov (short list); Malé skúsenosti uchádzačov (aj pozitívum) môžu vyvolať aj revízne postupy – najmä pri nesprávnom vedení rokovaní; Vzhľadom na vyššie uvedené faktory tlak na relatívne prísne podmienky účasti (kvalifikačné kritériá), aby sa rokovania viedli iba s tými najlepšimi a z toho vyplývajúce vyššie riziko vylučovania a revíznych postupov; Menšia konkurencia vzhľadom na obmedzený počet uchádzačov; Zložitejší postup, vysoké požiadavky na transparentnosť; Verejný obstarávateľ musí zdôvodniť splnenie podmienok na jeho použitie; Väčší potenciál tajnej dohody/korupcie v dôsledku vyššej miery voľného rozhodovania verejného obstarávateľa.
Trvanie	
1 Prípravná fáza: cca 3-5 týždňov 2 Predkvalifikačná fáza (vytváranie a predloženie žiadostí o účasť, vyhodnotenie splnenia podmienok účasti): 6-10 týždňov 3 Nepovinná fáza obmedzovania počtu záujemcov (užší výber z kvalifikovaného okruhu záujemcov): 1-3 týždne 4 Fáza rokovaní a súťaže ponúk a uzavretie zmluvy (príprava, predkladanie a vyhodnocovanie základných ponúk; rokovania; pri viacetapovom rokovaní príprava súťažných podkladov a ďalšia etapa, resp. etapy rokovaní; po ukončení rokovaní vytvorenie konečných súťažných podkladov, príprava, predkladanie a vyhodnocovanie konečných ponúk; uzavretie zmluvy): 8-10 týždňov pri 2-etapovom rokovaní (základné ponuky, 1 rokovanie a konečné ponuky). 5 V prípade uplatnenia revíznych postupov, najmä námietok možnosť predĺženia až o cca 1- 2 mesiace na jedno konanie.	
Spolu min. približne 6-8 mesiacov (bez námietok)	

Tabuľka 57: Súťažný dialóg, porovnanie pozitív a negatív

Súťažný dialóg

Pozitíva

Možnosť optimalizovať samotný proces verejného obstarávania, keďže po uskutočnení predkvalifikácie a prípadnom obmedzení počtu záujemcov je známy okruh záujemcov, s ktorými sa bude viesť dialóg;

Možnosť obmedziť účasť len na hospodárske subjekty s vysokou úrovňou špecializácie;

Informatívny dokument je zjednodušený v porovnaní so súťažnými podkladmi – stačí opísať len potreby a požiadavky, čím sa skracuje prípravná fáza;

Menšia náročnosť na obsah predkladaných riešení a tým aj rýchlejšie prvotné hodnotenie v porovnaní so základnými ponukami pri rokovacom konaní so zverejnením;

Legálne možno získavať know-how a technické riešenia od uchádzačov priamo v procese verejného obstarávania, resp. právo sa podieľať na dotváraní riešenia;

Možnosť vytvárať/dotvárať opis predmetu zákazky a zmluvné podmienky na základe dialógu so záujemcami;

Pravidlá uplatnenia kritérií na vyhodnotenie konečných ponúk, možno detailnejšie opísať v záverečnom informatívnom dokumente/súťažných podkladoch;

Pri obmedzení počtu záujemcov aj obmedzenejší počet ponúk, a tým aj menšia administratívna náročnosť pri samotnom vyhodnocovaní ponúk.

Negatíva

Procesne komplikovanejší / náročnejší postup aj vo vzťahu k rokovaciemu konaniu so zverejnením;

Dlhšie trvanie – min. 7-9 mesiacov;

Potreba vysokej miery angažovanosti zástupcov verejného obstarávateľa v komisii pri vedení dialógu so záujemcami - súťažný dialóg si vyžaduje intenzívne využívanie interných pracovníkov aj vysokú úroveň odborných znalostí, keďže rieši komplexný predmet a je časovo náročný;

Potreba určenia viacerých kritérií na vyhodnotenie ponúk;

Malé skúsenosti uchádzačov (aj pozitívum) môžu vyvolať aj revízne postupy – najmä pri nesprávnom vedení dialógu;

Vzhľadom na vyššie uvedené faktory tlak na relatívne prísne podmienky účasti (kvalifikačné kritériá), aby sa dialóg viedol iba s tými najlepšimi a z toho vyplývajúce vyššie riziko vylúčovania a revíznych postupov;

Menšia konkurencia vzhľadom na obmedzený počet uchádzačov;

Zložitejší postup, tým, že je ponechaná výrazne väčšia flexibilita pri jeho použití, kladú sa vysoké požiadavky na transparentnosť;

Verejný obstarávateľ musí zdôvodniť splnenie podmienok na jeho použitie;

Väčší potenciál tajnej dohody/korupcie v dôsledku vyššej miery voľného rozhodovania verejného obstarávateľa;

Nemožnosť aplikovať v súťažnom dialógu tzv. faktickú elimináciu uchádzačov vo vedení dialógu, znamená, že aj slabý uchádzač môže predložiť konečnú ponuku a stráca sa motivačný faktor vedenia dialógu pre schopnejších uchádzačov.

Trvanie

- 1 Prípravná fáza: cca 3-5 týždňov
- 2 Predkvalifikačná fáza (vytváranie a predloženie žiadostí o účasť, vyhodnotenie splnenia podmienok účasti): 6-10 týždňov
- 3 *Nepovinná* fáza obmedzovania počtu záujemcov (užší výber z kvalifikovaného okruhu záujemcov): 1-3 týždne
- 4 *Fáza rokovania a súťaže ponúk a uzavretie zmluvy* (príprava, predkladanie a vyhodnocovanie riešenia; vedenie dialógu; po ukončení dialógu príprava finálneho informatívneho dokumentu, príprava, predkladanie a vyhodnocovanie konečných ponúk; uzavretie zmluvy): 10-12 týždňov
- 5 *V prípade uplatnenia revíznych postupov, najmä námietok možnosť predĺženia až o cca 1-2 mesiace na jedno konanie.*

Spolu min. približne 7-9 mesiacov (bez námietok)

Tabuľka 58: Inovatívny dialóg, porovnanie pozitív a negatív

Inovatívne partnerstvo	
Pozitíva	Negatíva
Možnosť optimalizovať samotný proces verejného obstarávania, keďže sa pripúšťa obmedzenie počtu záujemcov, najmä na tých, ktorí majú najlepšiu kapacitu v oblasti výskumu a vývoja; Pri viacetapovom inovatívnom partnerstve môžu byť prvotné súťažné podklady zjednodušené, čím sa skracuje prípravná fáza; Pri viacetapovom inovatívnom partnerstve môže dôjsť k zníženiu počtu ponúk, pričom takýto uchádzač už nebude vyzvaný na ďalšie kolo rokovaní/predloženie konečnej ponuky, teda fakticky bude vylúčený; Legálny priestor na zohľadňovanie kvality ponúk; Legálna možnosť verejného obstarávateľa zúčastňovať sa priamo procesu výskumu a vývoja v súkromnom sektore; Možnosť vytvárať/dotvárať opis predmetu zákazky (okrem minimálnych požiadaviek) a zmluvné podmienky na základe rokovaní s uchádzačmi; Pravidlá uplatnenia kritérií na vyhodnotenie ponúk, na základe ktorých sa realizuje aj prípadné znižovanie počtu ponúk, možno detailnejšie opísať v súťažných podkladoch, a to aj v súťažných podkladoch použitých v druhom a nasledujúcom kole rokovaní; Flexibilná možnosť verejného obstarávateľa rozhodnúť o ukončení inovatívneho partnerstva alebo o znížení počtu partnerov ukončením individuálnych zmlúv na základe určených cieľov po každej fáze; Verejný obstarávateľ sa intenzívne zapája do realizácie zákazky, pretože obstaráva a monitoruje výskum a vývoj, ako aj dodanie/zavedenie neexistujúceho nového výrobku alebo služby; Potenciálne obmedzený počet ponúk na vyhodnotenie, a tým aj nižšia náročnosť na zdroje pre komisiu pre vyhodnotenie ponúk/verejného obstarávateľa; Možnosť rozhodnúť o zriadení inovatívneho partnerstva s jedným partnerom alebo s viacerými partnermi, ktorí budú vykonávať samostatné činnosti v oblasti výskumu a vývoja.	Procesne najkomplikovanejší postup; Najdlhšie trvanie – nakoľko zahŕňa fázu výskumu a vývoja; Nevyhnutná predbežná analýza trhu na účely stanovenia počtu potenciálne zainteresovaných dodávateľov na trhu a na preukázanie, že inovačné riešenie ešte nie je dostupné na trhu; Potreba vysokej miery angažovanosti zástupcov verejného obstarávateľa v komisii pri rokovaníach s uchádzačmi ako aj po uzatvorení zmluvy o partnerstve vo fáze výskumu a vývoja; Potreba určenia viacerých kritérií na vyhodnotenie ponúk ako aj potreba stanovenia cieľov fázy výskumu a vývoja; Znižovanie počtu ponúk sa vykonáva na základe kritérií na vyhodnotenie ponúk, ktoré musia byť určené už v oznámení, nemožno kritériá meniť počas rokovaní; Pre možnosť viacetapového inovatívneho partnerstva takmer odpadá potreba využitia obmedzovania počtu záujemcov (short list); Malé skúsenosti uchádzačov (aj pozitívum) môžu vyvolať aj revízne postupy – najmä pri nesprávnom vedení rokovaní; Vzhľadom na vyššie uvedené faktory tlak na relatívne prísne podmienky účasti (kvalifikačné kritériá), aby sa rokovania viedli iba s tými najlepšimi a z toho vyplývajúce vyššie riziko vylúčovania a revíznych postupov; Väčší potenciál tajnej dohody/korupcie v dôsledku vyššej miery voľného rozhodovania verejného obstarávateľa; Požiadavky na transparentnosť sú počas rokovaní aj pri realizácii zákazky mimoriadne prísne; Riziko vytlačania iných investícií v oblasti výskumu a vývoja a vylúčenie hospodárskej súťaže v etape dodania/zavádzania.
Trvanie	
1 Prípravná fáza: cca 4-6 týždňov 2 Predkvalifikačná fáza (vytváranie a predloženie žiadostí o účasť, vyhodnotenie splnenia podmienok účasti): 6-10 týždňov 3 <i>Nepovinná fáza obmedzovania počtu záujemcov (užší výber z kvalifikovaného okruhu záujemcov): 1-3 týždne</i> 4 <i>Fáza rokovaní a súťaže</i> ponúk a uzavretie zmluvy (príprava, predkladanie a vyhodnocovanie základných ponúk; rokovania; pri viacetapovom rokovaní konaní príprava súťažných podkladov a ďalšia etapa, resp. etapy rokovaní; po ukončení rokovaní vytvorenie konečných súťažných podkladov, príprava, predkladanie a vyhodnocovanie konečných ponúk; uzavretie zmluvy): 8-10 týždňov pri 2-etapovom inovatívnom partnerstve (základné ponuky, 1 rokovanie a konečné ponuky) 5 <i>Fáza výskumu a vývoja</i> – Inovatívne partnerstvo vychádza z procesných pravidiel, ktoré sa uplatňujú pri rokovaní konaní so zverejnením, takže po fázu uzatvorenia zmluvy/zmlúv o partnerstve trvá približne rovnako ako rokovacie	

	konanie so zverejnením, navyše má však fázu výskumu a vývoja, ktorej trvanie je individuálne v závislosti od predmetu a rozsahu výskumu a vývoja: podľa potreby
6	Fáza nákupu riešenia
7	V prípade uplatnenia revízných postupov, najmä námietok, možnosť predĺženia až o cca 1- 2 mesiace na jedno konanie. Námietky možno podať až do skončenia postupu inovatívneho partnerstva, teda aj po uzatvorení zmluvy, vo fáze výskumu a vývoja, napr. pri ukončení zmluvy s niektorým partnerom.
Spolu min. približne 7-9 mesiacov (bez námietok) + trvanie fázy výskumu a vývoja	

8.2 Zdôvodnenie postupu obstarania investície

Analýzou zrealizovaných obstarávaní HPC možno uviesť, že sa najčastejšie využíva postup verejnej súťaže, prípadne rokovacieho konania so zverejnením. Aj keď postup verejnej súťaže sa zdá byť ako najjednoduchší, nakoľko je najviac využívaný a teda aj známy medzi verejnými obstarávateľmi a hospodárskymi subjektmi, ide o postup, ktorý potláča rozvoj inovácií.

Verejnú súťaž na obstaranie zákazky „Vysokovýkonný výpočtový systém pre potreby Národného kompetenčného centra pre HPC“ využilo aj Centrum spoločných činností Slovenskej akadémie vied.

Verejná súťaž bola vyhlásená v marci 2022 a ukončená v júni 2022. Trvanie teda len 3 mesiace, avšak išlo o opakovanú súťaž. Prvá súťaž bola zrušená rozhodnutím Rady ÚVO¹¹².

Rokovacie konanie so zverejnením naopak podporuje rozvoj inovácií a umožňuje verejnemu obstarávateľovi rokovať priamo v procese verejného obstarávania s hospodárskymi subjektmi, ktorých výber vie ovplyvniť využitím možnosti obmedzenia počtu záujemcov. Môže sa javiť ako časovo a aj finančne náročnejší na počiatočné náklady, avšak z dlhodobejšieho hľadiska môže predstavovať úsporu pre verejného obstarávateľa.

Súťažný dialóg je procesne podobný rokovaciemu konaniu so zverejnením a preto prichádza tiež do úvahy, avšak vyžaduje vyššiu mieru transparentnosti a angažovanosti ako rokovacie konanie so zverejnením a navyše nepripúšťa možnosť eliminácie riešení/vylúčenia záujemcov, čím spôsobuje menšiu motiváciu ku kvalitnému vedeniu dialógu a nájdenie optimálneho riešenia pre verejného obstarávateľa.

Postup súťažného dialógu použila v Českej republike Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. Verejné obstarávanie bolo vyhlásené v máji 2017 a ukončené až v decembri 2018. Trvanie súťažného dialógu v tomto prípade teda trvalo až vyše 1,5 roka¹¹³.

¹¹² <https://www.uvo.gov.sk/vyhľadavanie-zakaziek/detail/438144?page=1&limit=20&sort=datumAktualizacie&sort-dir=DESC&ext=0&text=&nazovZakazky=HPC&obstarNazov=&obstarlco=&cpv=&datumAktualizacie=-1&nut=&kriterium=-1&fin=-1&eurofondy=-1&obrana=-1&druhPostupu=-1&druhZakazky=-1&sposobRealizacieZakazky=>

¹¹³ <https://ted.europa.eu/udl?uri=TED:NOTICE:167499-2017:TEXT:SK:HTML&src=0>

V Nemecku postup súťažného dialógu použila Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg Regionales Rechenzentrum Erlangen. Verejné obstarávanie bolo vyhlásené v decembri 2020 a ukončené bolo v júni 2021. Trvanie súťažného dialógu v tomto prípade teda trvalo okolo 0,5 roka¹¹⁴.

Inovatívne partnerstvo by bolo možné použiť iba v prípade preukázania, že na trhu ešte nie je dostupné inovačné riešenie, ktoré má verejný obstarávateľ v úmysle obstaráť, teda že je nevyhnutná fáza výskumu a vývoja, v rámci ktorej sa bude riešenie ďalej vyvíjať. Pri HPC sa tento postup javí ako málo využiteľný.

8.2.1 Alternatívne postupy mimo zákona o verejnom obstarávaní

Vyššie uvedený výpočet postupov vychádza z úpravy verejného obstarávania podľa slovenského právneho poriadku, pričom sa predpokladalo, že by obstarával verejný obstarávateľ.

- V prípade, že by nákup/obstaranie HPC zabezpečovalo **Národné superpočítačové centrum (NSCC)**, bolo by potrebné posúdiť postavenie NSCC, či ide o subjekt spadajúci pod definíciu verejného obstarávateľa podľa § 7 ods. 1 písm. d) zákona o verejnom obstarávaní, prípadne či ide o subjekt, ktorý nie je povinný (aj s ohľadom na predmet obstarávania) postupovať podľa zákona o verejnom obstarávaní (pre zmenu definície osoby podľa § 8 zákona o verejnom obstarávaní s účinnosťou od 31.03.2022).
- V prípade, že by nákup/obstaranie HPC zabezpečovalo **EuroHPC JU**, išlo by sa mimo právneho poriadku Slovenskej republiky.

V rámci EÚ zabezpečuje EuroHPC JU nákup/obstaranie HPC buď:

- priamo, keď vystupuje ako verejný obstarávateľ¹¹⁵,
- vo forme spoločného verejného obstarávania s príslušným členským štátom¹¹⁶,
- alebo vystupuje ako verejný obstarávateľ Európska komisia, ktorá koná v zastúpení EuroHPC JU¹¹⁷.

V prípade nákupu/obstarania HPC prostredníctvom EuroHPC JU sa postupuje pri verejnom obstarávaní v zmysle NARIADENIA EURÓPSKEHO PARLAMENTU A RADY (EÚ, Euratom) 2018/1046 z 18. júla 2018 o rozpočtových pravidlách, ktoré sa vzťahujú na všeobecný rozpočet Únie¹¹⁸. Úprava verejného obstarávania sa nachádza v hlave VII (článok 160 a nasl.).

¹¹⁴ <https://ted.europa.eu/udl?uri=TED:NOTICE:616466-2020:TEXT:SK:HTML>

¹¹⁵ <https://ted.europa.eu/udl?uri=TED:NOTICE:615232-2021:TEXT:SK:HTML&src=0&tabId=1>

¹¹⁶ <https://ted.europa.eu/udl?uri=TED:NOTICE:245175-2020:TEXT:SK:HTML>

¹¹⁷ <https://ted.europa.eu/udl?uri=TED:NOTICE:142868-2020:TEXT:SK:HTML>

¹¹⁸ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R1046&from=SK>

Z nariadenia o rozpočtových pravidlách vyplýva, okrem iného, že procesné ustanovenia uplatniteľné na inštitúcie Únie sa uplatňujú na spoločný postup verejného obstarávania.

Ak je podiel, ktorý pripadá na verejného obstarávateľa členského štátu alebo ktorý je ním riadený, na celkovej predpokladanej hodnote zákazky minimálne 50 % alebo v iných náležite odôvodnených prípadoch sa inštitúcia Únie môže rozhodnúť, že sa na spoločné verejné obstarávanie použijú procesné pravidlá vzťahujúce sa na verejného obstarávateľa z členského štátu, a to pod podmienkou, že uvedené pravidlá možno považovať za rovnocenné s tými, ktoré sa vzťahujú na inštitúciu Únie.

8.3 Postup realizácie investície prostredníctvom NSCC

8.3.1 Právny rámec

Právne vzťahy pri financovaní vybudovania superpočítača a súvisiacej infraštruktúry z prostriedkov vyhradených na tento účel v Pláne obnovy a odolnosti Slovenskej republiky (ďalej aj „Plán obnovy“) nenávratným spôsobom, sú regulované predovšetkým nižšie uvedenými právnymi predpismi.

Vybrané právne predpisy patriace do práva Európskej únie

Zmluva o Európskej únii a Zmluva o fungovaní Európskej únie (konsolidované znenie) v znení ich protokolov a príloh v znení zmien a doplnení vyplývajúcich z Lisabonskej zmluvy podpísanej 13. decembra 2007 v Lisabone, ktorá nadobudla platnosť 1. decembra 2009;

nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) č. 2021/241 Ú. V. EÚ z 12. februára 2021, ktorým sa zriaďuje Mechanizmus na podporu obnovy a odolnosti (ďalej aj „nariadenie o mechanizme“);

vykonávacie rozhodnutie Rady (ST 10156/21; ST 10156/21 COR1; ST 10156/21 ADD 1) z 13. júla 2021 o schválení posúdenia plánu obnovy a odolnosti Slovenska (ďalej aj „vykonávacie rozhodnutie Rady“);

nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (EÚ, Euratom) č. 2018/1046 Ú. V. EÚ z 18. júla 2018 o rozpočtových pravidlách, ktoré sa vzťahujú na všeobecný rozpočet Únie, o zmene nariadení (EÚ) č. 1296/2013, (EÚ) č. 1301/2013, (EÚ) č. 1303/2013, (EÚ) č. 1304/2013, (EÚ) č. 1309/2013, (EÚ) č. 1316/2013, (EÚ) č. 223/2014, (EÚ) č. 283/2014 a rozhodnutia č. 541/2014/EÚ a o zrušení nariadenia (EÚ, Euratom) č. 966/2012 v platnom znení (ďalej aj „nariadenie o rozpočtových pravidlách“);

nariadenie Komisie (EÚ) č. 1407/2013 o uplatňovaní článkov 107 a 108 Zmluvy o fungovaní Európskej únie na pomoc *de minimis* (ďalej len „Nariadenie o štátnej pomoci“)

nariadenie Rady (ES, Euratom) č. 2988/95 Ú. V. EÚ z 18. decembra 1995 o ochrane finančných záujmov Európskych spoločenstiev (ďalej aj „nariadenie o ochrane finančných záujmov ES“);

nariadenie Komisie (EÚ) č. 651/2014 Ú. V. EÚ zo 17. júna 2014 o vyhlásení určitých kategórií pomoci za zlučiteľné s vnútorným trhom podľa čl. 107 a čl. 108 zmluvy v platnom znení (ďalej len „**Nariadenie o skupinových výnimkách**“);

smernica Európskeho parlamentu a Rady 2014/24/EÚ Ú. V. EÚ z 26. februára 2014 o verejnom obstarávaní a o zrušení smernice 2004/18/ES v platnom znení (ďalej aj „**smernica 2014/24**“).

Vybrané právne predpisy Slovenskej republiky

zákon č. 368/2021 Z. z. o mechanizme na podporu obnovy a odolnosti a o zmene a doplnení niektorých zákonov (ďalej aj „**zákon o mechanizme**“);

zákon č. 357/2015 Z. z. o finančnej kontrole a audite a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov (ďalej len „**zákon o finančnej kontrole**“);

zákon č. 523/2004 Z. z. o rozpočtových pravidlách verejnej správy a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov (ďalej aj „**zákon o rozpočtových pravidlách verejnej správy**“);

zákon č. 211/2000 Z. z. o slobodnom prístupe k informáciám v znení neskorších predpisov;

zákon č. 187/2021 Z. z. o ochrane hospodárskej súťaže a o zmene a doplnení niektorých zákonov;

zákon č. 575/2001 Z. z. o organizácii činnosti vlády a organizácii ústrednej štátnej správy v znení neskorších predpisov;

zákon č. 395/2002 Z. z. o archívoch a registratúrach a o doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov (ďalej aj „**zákon o archívoch**“);

zákon č. 305/2013 Z. z. o elektronickej podobe výkonu pôsobnosti orgánov verejnej moci a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;

zákon č. 358/2015 Z. z. o úprave niektorých vzťahov v oblasti štátnej pomoci a minimálnej pomoci a o zmene a doplnení niektorých zákonov (ďalej aj „**zákon o štátnej pomoci**“);

zákon č. 18/2018 Z. z. o ochrane osobných údajov a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov (ďalej len „**zákon o ochrane osobných údajov**“);

zákon č. 431/2002 Z. z. o účtovníctve v znení neskorších predpisov (ďalej aj „**zákon o účtovníctve**“);

zákon č. 513/1991 Zb. Obchodný zákonník v znení neskorších predpisov (ďalej aj „**Obchodný zákonník**“);

zákon č. 374/2014 Z. z. o pohľadávkach štátu a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;

zákon č. 291/2002 Z. z. o Štátnej pokladnici a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov (ďalej aj „**zákon o Štátnej pokladnici**“);

zákon č. 343/2015 Z. z. o verejnom obstarávaní a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov (ďalej aj „**zákon o verejnom obstarávaní**“);

zákon č. 315/2016 Z. z. o registri partnerov verejného sektora a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;

nariadenie vlády SR č. 498/2011 Z. z. ktorým sa ustanovujú podrobnosti o zverejňovaní zmlúv v Centrálnom registri zmlúv a náležitosti informácie o uzatvorení zmluvy;

zákon č. 297/2008 Z. z. o ochrane pred legalizáciou príjmov z trestnej činnosti a o ochrane pred financovaním terorizmu a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov (ďalej aj „zákon o ochrane pred legalizáciou“);

zákon č. 160/2015 Z. z. Civilný sporový poriadok v znení neskorších predpisov;

zákon č. 161/2015 Z. z. Civilný mimosporový poriadok v znení neskorších predpisov;

zákon č. 162/2015 Z. z. Správny súdny poriadok v znení neskorších predpisov.

Ďalšie dokumenty

Dohoda o financovaní uzavretá v rámci Mechanizmu na podporu obnovy a odolnosti medzi Komisiou a Slovenskou republikou (ďalej aj „dohoda o financovaní“);

Operačná dohoda k Mechanizmu na podporu obnovy a odolnosti, ktorá bude uzavretá medzi Komisiou a Slovenskou republikou (ďalej aj „operačná dohoda“);

Usmernenie členským štátom k Plánu obnovy a odolnosti SWD(2021) 12 z 22. januára 2021. Pracovný dokument útvarov EK;

Plán obnovy a odolnosti Slovenskej republiky schválený uznesením vlády Slovenskej republiky č. 221 z 28. apríla 2021;

Oznámenie Komisie o pojme štátna pomoc uvedenom v článku 107 ods. 1 Zmluvy o fungovaní Európskej únie (2016/C 262/01) (ďalej aj „oznámenie Komisie“).

(ďalej aj „Právny rámec“)

8.3.2 Východiskové informácie

Táto právna analýza vychádza z nasledujúcich predpokladaných skutočností:

Na účely tejto právnej analýzy je Ministerstvo investícií, regionálneho rozvoja a informatizácie Slovenskej republiky (ďalej aj „MIRRI“) v postavení vykonávateľa, tak ako je tento subjekt definovaný v § 5 ods. 1 zákona o mechanizme.

Národné superpočítačové centrum (NSCC), ktoré vzniklo za účelom zastrešovania všetkých HPC aktivít na Slovensku, je v postavení potenciálneho žiadateľa, resp. prijímateľa, tak ako sú tieto subjekty definované v § 2 písm. d) zákona o mechanizme a § 2 písm. e) zákona o mechanizme.

NSCC je záujmovým združením právnických osôb so sídlom Dúbravská cesta 3484/9, 84104 Bratislava-Karlova Ves, Slovenská republika, IČO: 53450361, ktoré vzniklo dňa 18.11.2020 a jeho zakladateľmi sú **(i)** MIRRI a **(ii)** Inovácie pre digitálnu infraštruktúru Innovations for Digital Infrastructure, z.z.p.o., so sídlom Mostová 185/2, 81102 Bratislava-Staré Mesto, Slovenská republika, IČO: 52926834 (ďalej aj „I4DI“), ktorí NSCC založili zakladateľskou zmluvou zo dňa 30.10.2020. NSCC je zapísané v Registri záujmových združení právnických osôb vedenom Ministerstvom vnútra Slovenskej republiky, a to registrovým úradom, ktorým je Okresný úrad Bratislava.

Podľa verejne dostupných informácií¹¹⁹ sú ku dňu vyhotovenia tejto Štúdie uskutočniteľnosti (24. 8. 2022) členmi NSCC tieto právnické osoby: (i) MIRRI a (ii) Centrum spoločných činností SAV, v.v.i., so sídlom Dúbravská cesta 5796/9, 845 32 Bratislava, Slovenská republika, IČO: 00398144, zapísané v Registri verejných výskumných inštitúcií vedenom Ministerstvom školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky a (iii) I4DI.

Na základe informácie od MIRRI rozumieme, že ku dňu vyhotovenia tejto Štúdie boli uskutočnené nevyhnutné právne úkony za účelom ukončenia členstva I4DI v NSCC. Táto informácia však nevyplýva z dostupných stanov NSCC zverejnených online¹²⁰.

Na vybudovanie HPC a súvisiacej infraštruktúry sa predpokladá čerpanie celkovej sumy z mechanizmu vo výške 70,000,000.00 €, a to formou priamej výzvy MIRRI s názvom „Priame vyzvanie na vybudovanie energeticky efektívnej infraštruktúry vysokovýkonných výpočtov“, ktorá je súčasťou Investície 3 „Zapojenie sa do cezhraničných európskych projektov ("multi-country projects") vedúcich k budovaniu digitálnej ekonomiky“ a predpokladá oprávnených žiadateľov spadajúcich do kategórie „verejná inštitúcia“. Uvedené informácie vyplývajú z indikatívneho harmonogramu vyhlasovania výziev / priamych vyzvaní v rámci Plánu obnovy a odolnosti, ktorý na svojom webovom sídle zverejnilo MIRRI.¹²¹

Vzhľadom na skutočnosť, že „verejná inštitúcia“ nie je legálnym pojmom zahrnutým v Právnom rámci, usudzujeme, že NSCC môže spadať do tejto kategórie subjektov, a to za predpokladu, že členmi NSCC bude iba MIRRI ako ústredný orgán štátnej správy a Centrum spoločných činností SAV, v.v.i. ako verejná výskumná inštitúcia.

8.3.3 Poskytovanie prostriedkov mechanizmu

Tento článok 6.3 Štúdie vykonateľnosti pojednáva o možnostiach poskytovania prostriedkov mechanizmu, tak ako sú definované v § 2 písm. j) zákona o mechanizme zo strany MIRRI tretím osobám na základe výzvy podľa § 12 ods. 2 zákona o mechanizme, resp. priameho vyzvania podľa § 13 ods. 1 zákona o mechanizme vrátane NSCC a tiež o používaní týchto prostriedkov priamo vykonávateľom – MIRRI.

8.3.3.1 Vybrané subjekty zapojené do procesu poskytovania prostriedkov mechanizmu

Vykonávateľ

Vykonávateľ je ústredný orgán štátnej správy určený Vládou SR. Postavenie a úlohy vykonávateľa sú ustanovené najmä v § 5 zákona o mechanizme. Na základe uznesenia vlády SR č. 221 z 28. apríla 2021 je vykonávateľom MIRRI.

Žiadateľ

¹¹⁹ <https://www.crz.gov.sk/data/att/2517630.pdf>, <https://nsc.sk/index.php/o-nas/>

¹²⁰ <https://www.crz.gov.sk/data/att/2517630.pdf>, <https://nsc.sk/index.php/o-nas/>

¹²¹ https://www.mirri.gov.sk/wp-content/uploads/2022/01/2207_K17_harmonogram_vyhlasovania_vyziev_a_priamych_vyzvani_oprava_lo_g_NIKA_FINAL.pdf

Podľa ustanovenia § 2 písm. d) zákona o mechanizme je osobou, ktorá žiada o poskytnutie prostriedkov mechanizmu.

Prijímateľ

Podľa ustanovenia § 2 písm. e) zákona o mechanizme je prijímateľ osobou, ktorej sa poskytujú prostriedky mechanizmu od nadobudnutia účinnosti zmluvy podľa ustanovenia § 14 alebo zmluvy podľa ustanovenia § 18 ods. 4 zákona o mechanizme.

Partner

Podľa ustanovenia § 2 písm. m) sa partnerom rozumie osoba, ktorá sa v záujme dosahovania spoločných cieľov s prijímateľom spolupodieľa na realizácii investície alebo realizácii reformy na základe písomnej zmluvy s prijímateľom a ktorá zároveň nemá vo vzťahu k prijímateľovi postavenie dodávateľa alebo subdodávateľa. Partnerom je aj osoba, ktorá sa v záujme dosahovania spoločných cieľov spolupodieľa na príprave realizácie investície alebo príprave realizácie reformy so žiadateľom, ak sa následne spolupodieľa na realizácii tejto investície alebo realizácii tejto reformy a ktorá zároveň nemá vo vzťahu k žiadateľovi postavenie dodávateľa alebo subdodávateľa.

Sprostredkovateľ

Podľa § 6 ods. 1 zákona o mechanizme je sprostredkovateľom ústredný orgán štátnej správy, štátna rozpočtová organizácia, štátna príspevková organizácia, vyšší územný celok, obec alebo iná právnická osoba, ktorá je na základe písomného poverenia vykonávateľa poverená plnením časti úloh vykonávateľa a ktorá má odborné, personálne a materiálne predpoklady na plnenie týchto úloh.

8.3.3.2 *Subjekty oprávnené prijať prostriedky mechanizmu*

Podľa všeobecných ustanovení o poskytovaní prostriedkov mechanizmu obsiahnutých v § 12 zákona o mechanizme platí, že prostriedky mechanizmu je možné poskytnúť na základe priameho vyzvania zo strany vykonávateľa alebo na základe výzvy.

Priame vyzvanie NSCC

Na základe priameho vyzvania je možné prostriedky mechanizmu poskytnúť iba priamo určenému prijímateľovi, ktorým je:

- a. prijímateľ individuálne určený v Pláne obnovy;
- b. prijímateľ, ktorého pôsobnosť vykonávať úlohy, na ktoré sa poskytujú prostriedky mechanizmu, vyplýva z osobitného predpisu; alebo
- c. prijímateľ určený rozhodnutím vlády, ktorý je v zriaďovateľskej alebo zakladateľskej pôsobnosti ústredného orgánu štátnej správy alebo je právnickou osobou zriadenou zákonom alebo právnickou osobou zriadenou na základe zákona, a ktorý vykonáva úlohy, na ktoré sa poskytujú prostriedky mechanizmu na účely dosahovania míľnikov a cieľov plánu obnovy.

Iným subjektom, je možné prostriedky mechanizmu poskytnúť iba na základe výzvy podľa § 15 zákona o mechanizme.

Ad. A

Vzhľadom na skutočnosť, že Plán obnovy počíta s „Uvedením superpočítača **NSCC** do prevádzky ... “¹²², tak je možné predpokladať zámer Vlády Slovenskej republiky, aby čerpanie prostriedkov obnovy mohlo byť čerpané aj cez priamu výzvu pre tento subjekt.

Nakoľko však NSCC nie je v Pláne obnovy definované ako konkrétny právny subjekt, napr. konkrétne záujmové združenie právnických osôb (ako záujmové združenie právnických osôb so sídlom Dúbravská cesta 3484/9, 84104 Bratislava-Karlova Ves, Slovenská republika, IČO: 53450361), môžu vznikať pochybnosti o tom, či bol prijímateľ individuálne určený v pláne obnovy (tak ako to predpokladá § 12 ods. 1 písm. a) zákona o mechanizme).

Pre odstránenie prípadných pochybností by bolo nutné upraviť Plán obnovy takým spôsobom, aby obsahoval označenie NSCC s uvedením identifikačných údajov ako je uvedené vyššie.

Ad. B

Vzhľadom na neexistenciu osobitného právneho predpisu, pre účely zabezpečenia čerpania prostriedkov na základe priamej výzvy prijímateľom určeným v bode B je nutná legislatívna iniciatíva zo strany MIRRI. V rámci tejto iniciatívy by muselo dôjsť k vypracovaniu, predloženiu a schváleniu zákona o Národnom super počítačovom centre, ktorého predmet by spočíval v založení nového štátneho orgánu. Do jeho pôsobnosti by následne spadala správa HPC a správa grantov s ním súvisiacich.

Táto možnosť sa javí ako vysoko administratívne a časovo náročná. Nielen z hľadiska prípravy zákona a zdĺhavosti legislatívneho konania, ale aj z dôvodu, že schválenie zákona nespadá do právomoci MIRRI. Z uvedeného dôvodu by bolo vhodné zvážiť iné možnosti poskytnutia prostriedkov mechanizmu.

Ad. C

Aplikácia čerpania prostriedkov na základe priamej výzvy prijímateľom uvedeným v bode C by si vyžadovala prijatie rozhodnutia priamo Vládou Slovenskej republiky, ktoré by obsahovalo aspoň i) priame určenie NSCC ako prijímateľa prostriedkov na základe priamej výzvy a ii) určenie úloh z Plánu obnovy patriacich do jej pôsobnosti. Na prijatie právneho rámca pre aplikáciu alternatívy prijímateľa uvedeného v bode C môžeme predpokladať podobné komplikácie ako uvedené v bode B, pričom MIRRI nemá na ich riešenie priamy vplyv.

¹²² KOMPONENT 17: DIGITÁLNE SLOVENSKO (ŠTÁT V MOBILE, KYBERNETICKÁ BEZPEČNOSŤ, RÝCHLY INTERNET PRE KAŽDÉHO, DIGITÁLNA EKONOMIKA), str. 30

V nadväznosti na uvedené nižšie uvádzame ďalšiu možnosť alokácie zdrojov mechanizmu na NSCC, ktorá sa javí byť efektívnejšou.

Sprostredkovateľ

Sprostredkovateľa definuje zákon o mechanizme nasledovne:

„Sprostredkovateľom je ústredný orgán štátnej správy, štátna rozpočtová organizácia, štátna príspevková organizácia, vyšší územný celok, obec alebo iná právnická osoba, ktorá je na základe písomného poverenia vykonávateľa poverená plnením časti úloh vykonávateľa a ktorá má odborné, personálne a materiálne predpoklady na plnenie týchto úloh.“

Spôsob, akým by sa mohlo NSCC stať sprostredkovateľom, nachádzame v zákone o mechanizme, podľa ktorého môže okrem vykonávateľa (MIRRI) realizovať investíciu z plánu obnovy podľa § 6 ods. 3 Zákona o mechanizme aj sprostredkovateľ, ktorým môže byť práve NSCC, nakoľko spadá do množiny subjektov, ktoré môžu byť poverení ako Sprostredkovatelia v § 6 ods. 1 Zákona o mechanizme.

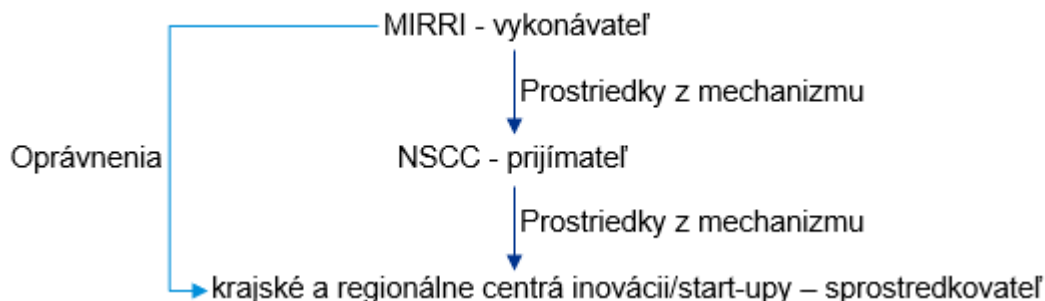
Na to, aby NSCC ako sprostredkovateľ plnil úlohy MIRRI ako vykonávateľa je potrebné, aby MIRRI písomné poverila NSCC realizáciou investícií z plánu obnovy s uvedením¹²³ i) presnej špecifikácie zákonných oprávnení MIRRI, ktoré majú byť vykonávané NSCC ako sprostredkovateľom. Platnosť písomného poverenia podlieha predchádzajúcemu schváleniu Národnou implementačnou a koordinačnou autoritou (ďalej aj „NIKA“).¹²⁴ V písomnom poverení by bolo NSCC poverené najmä nasledovnými právomocami:

- Vyhlasovanie výzvy podľa § 15 Zákona o mechanizme;
- Uzatváranie zmlúv o poskytnutí prostriedkov mechanizmu podľa § 14 Zákona o mechanizme.

Čiastkovou úlohou tejto štúdie je okrem iného zistiť odpoveď na otázku: „Ako môže NSCC z prostriedkov POO financovať poskytovanie grantov pre sprostredkovateľov?“

¹²³ § 6 ods. 1 a 3 Zákona o mechanizme

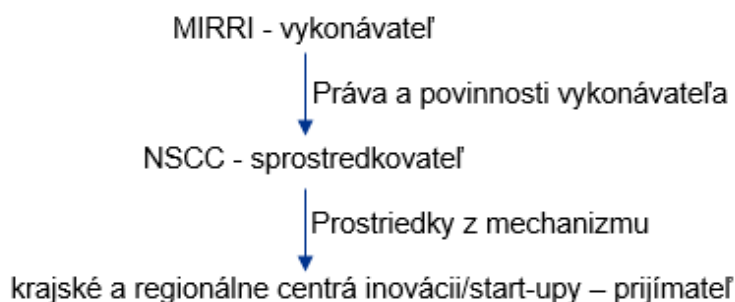
¹²⁴ čl. 1.3 systému implementácie plánu obnovy



Obrázok 13: Štruktúra poskytovania prostriedkov a oprávnení I

Z uvedenej otázky vyplýva vyššie zobrazená štruktúra poskytovania prostriedkov a oprávnení. V tomto prípade by NSCC, ktorý nemá postavenie vykonávateľa (to môže mať iba ústredný orgán štátnej správy určený vládou podľa § 5 ods. 1 Zákona o mechanizme), poskytoval prostriedky z mechanizmu subjektom, ktoré majú oprávnenia priamo od vykonávateľa ako sprostredkovateľa.

Pri takejto štruktúre by bolo problematické upravenie postavenia NSCC v zmysle Zákona o mechanizme. Nakoľko Zákon o mechanizme nepredpokladá existenciu ďalšieho subjektu medzi vykonávateľom a sprostredkovateľom. Avšak predmetná otázka existenciu takéhoto subjektu predpokladá, pričom štruktúra vzťahov by bola nasledovná: MIRRI (vykonávateľ) – NSCC (neurčené postavenie) – centrá inovácií, start-upy (sprostredkovatelia). Podľa Zákona o mechanizme § 6 ods. 1 môže vykonávateľ poveriť svojimi právami a povinnosťami len sprostredkovateľa. Takto by mohlo dôjsť k paradoxnej situácii, kde subjekt na konci štruktúry a zároveň prijímateľ prostriedkov od NSCC, by mal väčší rozsah práv a jeho práva by boli odvodené priamo od MIRRI (ako vykonávateľa), ako má subjekt (NSCC), ktorý by mu prostriedky poskytoval.



Obrázok 14: Štruktúra poskytovania prostriedkov a oprávnení II

Poskytovanie prostriedkov prostredníctvom výzvy

Podľa § 12 ods. 2 Zákona o mechanizme je možné okrem subjektov uvedených v jeho § 12 ods.1 písm. a) až c), ktorým je venovaná podkapitola *Priame vyzvanie NSCC*, poskytovať mechanizmus aj iným subjektom na základe výzvy, ktorá je upravená v § 15 zákona o mechanizme.

Vypracovanie výzvy

Optimálnym riešením sa javí nastavenie, podľa ktorého MIRRI poverí vyhlasovaním výziev podľa § 15 ods. 1 Zákona o mechanizme NSCC ako sprostredkovateľa, pričom NSCC je pred vyhlásením výzvy povinné zaslať znenie výzvy NIKA. NIKA vydáva k zneniu výzvy záväzné stanovisko a následne je NSCC povinné zapracovať pripomienky uvedené v stanovisku NIKA do výzvy.

Po predchádzajúcom zapracovaní pripomienok zo záväzného stanoviska do výzvy NSCC vyhlási výzvu zverejnením na svojom webovom sídle. V dôvodovej správe k Zákona o mechanizme zákonodarca uvádza, že informácia o zverejnení výzvy môže byť šírená aj inými masovo komunikačnými prostriedkami za účelom zabezpečenia čo najširšej informovanosti o vyhlásenej výzve.

Záväzným znením výzvy je však len také znenie, ktoré je vyhlásené spôsobom podľa Zákona o mechanizme, t. j. na webovom sídle NSCC.

Obsah výzvy

Obsahom výzvy sú formálne náležitosti (§ 25 ods. 3 Zákona o mechanizme), obsahové náležitosti (§ 25 ods. 4 Zákona o mechanizme) a podmienky poskytnutia prostriedkov mechanizmu (§ 25 ods. 5 Zákona o mechanizme). Zákon o mechanizme bližšie upravuje obsah jednotlivých častí výzvy.

Zmena obsahu výzvy

NSCC je oprávnené zmeniť vyhlásenú výzvu, ak ide o zmenu formálnych náležitostí výzvy. NSCC môže vo vyhlásenej výzve zmeniť podmienky poskytnutia prostriedkov mechanizmu podľa § 25 ods. 5 Zákona o mechanizme, avšak len v prípade, ak by táto zmena nemala za následok zmenu v posudzovaní už predložených žiadostí o poskytnutie prostriedkov mechanizmu. Aj zmena výzvy podlieha režimu riadneho zverejnenia na webovom sídle vykonávateľa. V dôvodovej správe k Zákona o mechanizme sa uvádza, že zmenu výzvy môže NSCC vykonať jej zverejnením, a to až po jej predchádzajúcom písomnom schválení NIKA.

Zrušenie výzvy

NSCC môže výzvu zrušiť vtedy, ak nie je možné poskytovať prostriedky mechanizmu na základe výzvy, najmä ak sa zmenili okolnosti, za ktorých sa výzva vyhlásila, napríklad ak došlo k zmene Plánu obnovy a odolnosti a investícia sa už viac nebude realizovať, alebo ak sa vyskytli dôvody, pre ktoré nemožno od NSCC požadovať, aby vo vyhlásenej výzve pokračovalo, najmä ak sa zistilo porušenie Zákona o mechanizme alebo iných predpisov Slovenskej republiky a Európskej únie.

Ak ide o výzvu končiacu na základe nejakej skutočnosti, ktorou je napr. vyčerpanie alokácie, môže byť výzva zrušená do momentu, kým nenastala táto skutočnosť. V takom prípade NSCC podľa dôvodovej správy k Zákona o mechanizme predložené žiadosti o poskytnutie prostriedkov mechanizmu vráti alebo ich posúdi. Pri voľbe postupu vo vzťahu k žiadostiam o poskytnutie prostriedkov mechanizmu predložených do času zrušenia výzvy bude NSCC vychádzať z posúdenia dôvodov zrušenia výzvy a do úvahy musí zobrať najmä skutočnosť, či je možné na žiadosti aplikovať podmienky poskytnutia

prostriedkov mechanizmu alebo či je možné uplatniť kritériá a spôsob posúdenia uvedené vo výzve.

Zrušenie výzvy podlieha režimu riadneho zverejnenia na webovom sídle vykonávateľa spolu s odôvodnením jej zrušenia.

8.3.4 Štátna pomoc

Keďže prostriedky Mechanizmu sú verejnými zdrojmi, vykonávateľ je povinný pri ich poskytovaní vykonať test štátnej pomoci, t.j. vyhodnotiť kumulatívne splnenie kritérií štátnej pomoci. V súlade s ustanovením § 13 ods. 2 Zákona o mechanizme nie sú Zákonom o mechanizme dotknuté pravidlá v oblasti štátnej pomoci a minimálnej pomoci ani osobitný predpis o verejnom obstarávaní.

V nadväznosti na uvedené ustanovenie Zákona o mechanizme zámerom tejto podkapitoly je zistiť, akým pravidlám podlieha využívanie finančných prostriedkov Mechanizmu a aké sú limity v spôsobe ich využívania, najmä, či je možné poskytnuté finančné prostriedky využiť na nasledujúce aktivity:

- a) Preplatenie FTE na podporné aktivity na univerzitách/ústavoch SAV;
- b) Preplatenie FTE na výskumných projektoch na univerzitách/ústavoch SAV;
- c) Vytvorenie grantovej schémy pre výskumné programy v oblasti HPC/HPDA/AI (priama finančná podpora);
- d) Vytvorenie grantovej schémy pre výskumné programy, ktoré budú realizované s použitím HPC (nepriama finančná podpora);
- e) Zriadenie nových študijných programov pre oblasť HPC a ich udržanie;
- f) Zriadenie študijných predmetov v rámci iných odborov, ktoré ich naučia využívať HPC;
- g) Financovať dopytovo orientované výzvy na vznik a prevádzku CoE na univerzitách/ústavoch SAV;
- h) Financovať podporné schémy na vývoj SW a aplikácií pre HPC na univerzitách/ústavoch SAV.

Za účelom dosiahnutia uvedeného cieľa je nevyhnutná analýza právnej úpravy poskytovania štátnej pomoci a právnej úpravy mechanizmu na podporu obnovy a odolnosti, na základe ktorej možno vyhodnotiť, či poskytnutie finančných prostriedkov mechanizmu podlieha pravidlám štátnej pomoci.

8.3.4.1 Kritériá štátnej pomoci

Podľa Nariadenia o štátnej pomoci **štátnou pomocou je štátne financovanie spĺňajúce kritériá stanovené v čl. 107 ods. 1 Zmluvy o fungovaní EÚ.**

V zmysle čl. 107 ods. 1 sú štátnou pomocou také opatrenia, ktoré kumulatívne spĺňajú nasledujúce kritériá:

— Opatrenie kumulatívne spĺňa nasledujúce dve podmienky:

a) Ide o **prevod štátnych (verejných) zdrojov**, t.j. všetky zdroje verejného sektora, a to akoukoľvek formou; **a zároveň**

b) **Pomoc poskytuje členský štát** (podmienka pripínateľnosti štátu);

— Opatrenie **zvýhodňuje** určitých podnikateľov alebo výrobu určitých druhov tovaru, čo znamená, že podniku je poskytnutá hospodárska výhoda, ktorú by bez zásahu štátu formou uvedeného opatrenia nezískal;

— Opatrenie **je selektívne**, čo znamená, že zvýhodňuje niektoré podniky alebo kategórie podnikov, alebo niektoré odvetvia hospodárstva.

„Veľký počet oprávnených podnikov (ktorý môže dokonca zahŕňať všetky podniky z daného odvetvia) ani rozmanitosť a veľkosť odvetví, do ktorých podniky patria, nie sú dôvodom na vyvodenie záveru, že opatrenie štátu predstavuje všeobecné opatrenie hospodárskej politiky, ak toto opatrenie nemôžu využiť všetky odvetvia hospodárstva. Skutočnosť, že pomoc nie je zameraná na jeden alebo viac konkrétnych a vopred vymedzených prijímateľov, ale že podlieha súboru objektívnych kritérií, podľa ktorých sa môže v rámci vopred určených celkových rozpočtových prostriedkov poskytnúť nekonečnému počtu príjemcov, ktorí nie sú na začiatku individuálne určení, nestačí na spochybnenie selektívnej povahy opatrenia.“¹²⁵

— Opatrenie kumulatívne spĺňa nasledujúce dve podmienky:

a) **narúša hospodársku súťaž alebo hrozí jej narušením tým, že zvýhodňuje** určitých podnikateľov alebo výrobu určitých druhov tovaru; **a zároveň**

b) **ovplyvňuje obchod medzi členskými štátmi.**

Opatrenie hrozí narušením / narúša hospodársku súťaž, ak sa ním môže zlepšiť konkurenčné postavenie príjemcu v porovnaní s inými podnikmi, s ktorými súťaží.

Ak subjekt vykonáva hospodárske aj nehospodárske činnosti, **členské štáty musia zabezpečiť, aby verejné financovanie poskytnuté na nehospodárske činnosti nebolo možné použiť na krížové subvencovanie hospodárskych činností**, a to najmä obmedzením verejného financovania na čisté náklady (vrátane kapitálových nákladov) nehospodárskych činností, ktoré sa určujú na základe jasného oddelenia účtov.

8.3.4.2 Vylúčenie rozsahu štátnej pomoci podľa Oznámenia Komisie

Komisia sa domnieva, že ak sa v prípade zmiešaného použitia **infraštruktúra využíva takmer výlučne na nehospodársku činnosť**, jej financovanie ako celok môže patriť mimo rozsah pôsobnosti pravidiel štátnej pomoci, avšak len za predpokladu, že **hospodárske využitie je výlučne sprievodnou činnosťou**, teda činnosťou priamo spojenou s prevádzkou infraštruktúry a je pre ňu nevyhnutná alebo je neoddeliteľne spojená s jej hlavným nehospodárskym využitím. Za takýto by sa mal považovať prípad,

¹²⁵ Oznámenie Komisie o pojme štátna pomoc uvedenom v článku 107 ods. 1 Zmluvy o fungovaní Európskej únie (2016/C 262/01) („**Oznámenie Komisie**“) dostupné na: [Úradný vestník C 262/2016 \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/262/oj)

keď hospodárske činnosti spotrebúvajú tie isté vstupy ako základné nehospodárske činnosti, napríklad materiál, vybavenie, prácu alebo fixný kapitál.

Sprievodné hospodárske činnosti musia mať vzhľadom na kapacitu infraštruktúry **obmedzený rozsah**. Hospodárske využitie infraštruktúry možno v tejto súvislosti považovať za vedľajšie, ak kapacita vyčlenená každý rok na túto **činnosť neprekračuje 20 percent celkovej ročnej kapacity infraštruktúry**. Komisia v Oznámení Komisie ako príklad takýchto sprievodných hospodárskych činností uvádza výskumnú organizáciu, ktorá príležitostne prenájomá svoje zariadenia a laboratória priemyselným partnerom. Ak činnosti prestanú mať len sprievodný charakter, tak aj sekundárne hospodárske činnosti môžu podliehať pravidlám štátnej pomoci.

Súdny dvor vo svojom rozsudku vo veci Leipzig/Halle potvrdil, že budovanie infraštruktúry alebo jej časti môže byť súčasťou výkonu verejných právomocí štátu. V takomto prípade verejné financovanie infraštruktúry (alebo príslušnej časti infraštruktúry) nepodlieha pravidlám štátnej pomoci.

Verejné financovanie **výskumných infraštruktúr** však môže podporovať hospodársku činnosť, **a preto sa naň vzťahujú pravidlá štátnej pomoci**, pokiaľ je príslušná infraštruktúra naozaj určená na vykonávanie hospodárskych činností (ako je prenájom zariadení alebo laboratórií podnikom, poskytovanie služieb podnikom alebo vykonávanie zmluvného výskumu).

Verejné financovanie výskumných infraštruktúr používaných na nehospodárske činnosti, ako napríklad nezávislého výskumu na zvýšenie poznatkov a lepšie pochopenie naproti tomu **nepatrí do rozsahu pravidiel štátnej pomoci**.

8.3.4.3 *Príjemca výhody podľa Zákona o štátnej pomoci a podľa Oznámenia Komisie*

Podľa § 5 ods. 2 zákona o štátnej pomoci, **príjemcom je ten, kto vykonáva hospodársku činnosť** bez ohľadu na právnu formu a spôsob financovania a v koľko prospech bol vykonaný právny úkon, ktorý ho oprávňuje na získanie pomoci. Na účely tohto zákona sa hospodárskou činnosťou rozumie každá činnosť, ktorá spočíva v ponuke tovaru alebo služieb alebo v ponuke tovaru a služieb na trhu.

V Oznámení Komisie sa však odlišne od znenia zákona o štátnej pomoci uvádza, že „**príjemcom výhody môže byť podnik alebo subjekt (fyzická alebo právnická osoba), ktorý nevykonáva žiadnu hospodársku činnosť**.“ V Oznámení je tiež uvedené, že „výhoda môže byť poskytnutá aj iným podnikom ako tým, ktorým sa priamo presunú štátne zdroje (nepriama výhoda). Opatrenie môže takisto predstavovať zároveň priamu výhodu pre podnik, ktorý je príjemcom opatrenia, i nepriamu výhodu pre iné podniky, napríklad pre podniky pôsobiace na nasledujúcich úrovniach činnosti.“

8.3.4.4 *Využívanie prostriedkov mechanizmu podľa pravidiel štátnej pomoci*

V nadväznosti na vyššie uvedené je nevyhnutné ďalej poukázať na Schému štátnej pomoci z prostriedkov Plánu obnovy a odolnosti Slovenskej republiky na podporu výskumu a vývoja v oblasti digitálnej transformácie Slovenska - Komponent 17: Digitálne

Slovensko z júna 2022, ktorá je v platnosti od 20.07.2022 do 30.06.2026 („**Schéma štátnej pomoci**“).

Pomoc podľa Schémy štátnej pomoci je zameraná na:

- investíciu 3: Zapojenie sa do cezhraničných európskych projektov vedúcich k budovaniu digitálnej ekonomiky; a
- na investíciu 4: Podpora projektov zameraných na vývoj a aplikáciu top digitálnych technológií, ktorej cieľom tejto je vytvoriť systém podpory pre výskum, vývoj a uplatňovanie pokročilých digitálnych technológií spoločnosťami vrátane mikro, malých a stredných podnikov, výskumnými ústavmi a subjektmi verejnej správy.

Okrem výskumných, vývojových a aplikačných projektov sa môže v súlade so Schémou štátnej pomoci poskytnúť podpora tiež technologickým inštitúciám, kompetenčným centrá, súkromným podnikom a platformám.

Podobne ako Zákon o štátnej pomoci, aj Schéma štátnej pomoci definuje prijímateľa štátnej pomoci ako **subjekt, ktorý vykonáva hospodársku činnosť** (t.j. každá činnosť, ktorá spočíva v ponuke tovarov a/alebo služieb na trhu) **a je účastníkom hospodárskej súťaže, bez ohľadu na právnu formu a spôsob financovania**.

Prijímateľmi štátnej pomoci zameranej na investíciu 3 a investíciu 4 **môžu** podľa Schémy štátnej pomoci **byť fyzické alebo právnické osoby** oprávnené na podnikanie, za predpokladu, že **v rámci svojich podnikateľských činností uskutočňujú aj výskum a vývoj, a výskumné organizácie**. Pod pojmom výskumné organizácie rozumieme **verejnoprávne alebo súkromnoprávne subjekty venujúce sa výskumu a šíreniu poznatkov**, ktorých primárnym cieľom je nezávisle vykonávať základný výskum, priemyselný výskum alebo experimentálny vývoj alebo vo veľkej miere šíriť výsledky takýchto činností prostredníctvom vyučovania, publikačnej činnosti alebo transferu poznatkov (napr. univerzity, výskumné inštitúty, agentúry technologického transferu, sprostredkovatelia v oblasti inovácie, fyzické alebo virtuálne spolupracujúce subjekty zamerané na výskum, verejné výskumné inštitúcie v zmysle zákona č. 243/2017 Z. z. o verejnej výskumnej inštitúcii a o zmene a doplnení niektorých zákonov).

Podľa článku G. Schémy štátnej pomoci je pomoc určená pre projekty v rámci Komponentu 17: Digitálne Slovensko a zahŕňa najmä nasledujúce oblasti:

- v rámci investície 3: budovanie siete vysokovýkonnej výpočtovej infraštruktúry, zriadenie a rozvoj siete kvantových komunikačných uzlov a budovanie siete vysokovýkonnej výpočtovej infraštruktúry;
- v rámci investície 4: výskum a tvorbu aplikačných riešení v oblasti digitálnych technológií, posilnenie kapacít v oblasti výskumu, vývoja a aplikácie top digitálnych technológií v podmienkach Slovenska s využitím vo verejnej správe, podnikateľskom prostredí a výskumno-vývojových inštitúciách, podporu firiem v oblasti aplikácie top digitálnych technológií, podporu perspektívnych projektov výskumu, vývoja a inovácií s úrovňami pripravenosti technológie TRL 5 až 8 a podporu budovania testovacej a experimentálnej infraštruktúry.

8.3.4.5 Oprávnenosť využitia poskytnutých finančných prostriedkov

V zmysle preambuly 47 Nariadenia o skupinových výnimkách, keďže výskumné infraštruktúry môžu slúžiť na vykonávanie hospodárskych aj nehospodárskych činností, aby sa predišlo poskytnutiu štátnej pomoci na hospodárske činnosti prostredníctvom verejného financovania nehospodárskych činností, **mali by byť náklady a financovanie hospodárskych a nehospodárskych činností jasne oddelené**. Ak sa infraštruktúra používa na hospodárske aj nehospodárske činnosti, tak **financovanie nákladov, ktoré súvisia s nehospodárskymi činnosťami infraštruktúry, zo štátnych zdrojov nepredstavuje štátnu pomoc**. Verejné financovanie patrí do pôsobnosti pravidiel štátnej pomoci len v tom rozsahu, v akom pokrýva náklady, ktoré súvisia s hospodárskymi činnosťami.

Podobne ako Komisia predpokladá v Oznámení Komisie, aj v preambule 47 Nariadenia o skupinových výnimkách sa uvádza, že „**ak sa infraštruktúra využíva takmer výlučne na nehospodárske činnosti, na jej financovanie sa vôbec nemusia vzťahovať pravidlá štátnej pomoci, a to za predpokladu, že jej hospodárske využitie má čisto vedľajšiu povahu, t. j. ide o činnosť, ktorá je priamo spojená s prevádzkou infraštruktúry a je pre ňu nevyhnutná alebo je neoddeliteľne spojená s jej hlavným využitím na nehospodárske činnosti a jej rozsah jej obmedzený. O tento prípad by malo ísť vtedy, keď hospodárske činnosti spotrebúvajú tie isté vstupy (ako napr. materiál, vybavenie, prácu a fixný kapitál) ako nehospodárske činnosti a kapacita každoročne pridelovaná na takúto hospodársku činnosť nepresahuje 20 % celkovej ročnej kapacity výskumnej infraštruktúry.**“

Oprávnené výdavky

Oprávnenosť využitia poskytnutých finančných prostriedkov upravuje Schéma štátnej pomoci a Nariadenie o skupinových výnimkách rovnako s tým rozdielom, že Schéma štátnej pomoci používa pojem „výdavky“ a Nariadenie o skupinových výnimkách používa pojem „náklady“. Podľa čl. 25 Nariadenia o skupinových výnimkách oprávnenými nákladmi (výdavkami) sú najmä:

- náklady na **personál**: výskumní pracovníci, technici a iní pomocní pracovníci v rozsahu, v ktorom sa podieľajú na projekte;
- náklady na **nástroje a vybavenie** v rozsahu a v období ich použitia v rámci projektu;

Ak sa takéto nástroje a vybavenie nepoužívajú v rámci projektu počas celej doby svojej životnosti, za oprávnené náklady sa považujú jedine odpisy zodpovedajúce dĺžke projektu vypočítané na základe všeobecne uznávaných účtovných zásad.

- náklady na **budovy a pozemky** v rozsahu a v trvaní ich použitia v rámci projektu;

V súvislosti s budovami sa za oprávnené náklady považujú iba odpisy zodpovedajúce dĺžke projektu vypočítané na základe všeobecne uznávaných účtovných zásad. V prípade pozemkov sú oprávnenými nákladmi náklady na komerčný prevod alebo skutočne vynaložené kapitálové náklady.

- náklady na **zmluvný výskum, poznatky a patenty** zakúpené alebo licencované z vonkajších zdrojov na základe zásady trhového odstupu, ako aj náklady na **poradenské služby a rovnocenné služby** použité výlučne na daný projekt;
- **d'alšie režijné náklady a iné prevádzkové náklady**, a to vrátane nákladov na materiály, dodávky a podobné výrobky, vzniknuté priamo v dôsledku projektu.

Zároveň oprávnené náklady na štúdie uskutočniteľnosti sú považované za náklady vynaložené na štúdiu.

Podľa čl. 26 Nariadenia o skupinových výnimkách oprávnenými výdavkami sú investičné výdavky na hmotné a nehmotné aktíva.

Neoprávnené výdavky

Podľa čl. H. ods. 6 Schémy štátnej pomoci sa za neoprávnené výdavky považujú:

- úroky z úverov a pôžičiek,
- leasing,
- poistné platené doma i v zahraničí, platené úroky, pokuty a penále, okrem poistenia osôb v rámci vycestovania do zahraničia v rámci projektu, a poistenia zariadenia zakúpeného v rámci projektu,
- poplatky za bankové služby, colné poplatky a dane,
- výdavky na nákup pozemkov, nehnuteľností a ich rekonštrukcia,
- výdavky na obstaranie, opravu a údržbu dopravných prostriedkov a dopravných zariadení,
- výdavky vynaložené na obstaranie použitého hmotného majetku,
- odmeny a ich rôzne formy, ostatné mzdové výdavky netýkajúce sa výlučne projektu;
- prevádzkové výdavky netýkajúce sa výlučne projektu
- daň z pridanej hodnoty v prípade, ak je prijímateľ platiteľ DPH a má nárok na jej vrátenie,
- výdavky na reklamu a marketing s výnimkou propagácie súvisiacej s projektom, jeho aktivitami a výsledkami, za predpokladu, že môžu byť považované za oprávnené výdavky,
- iné výdavky netýkajúce sa výlučne projektu,
- iné výdavky uvedené vo výzve.

S výnimkou projektov realizovaných v súlade s článkom 26 Nariadenia o skupinových výnimkách (investičná pomoc výskumným infraštruktúram), v rámci ktorého sú oprávnené iba investičné výdavky na nehmotné a hmotné aktíva, budú podrobné podmienky oprávnenosti výdavkov uvedené v príslušnej výzve.

8.3.4.6 *Prípustnosť využitia finančných prostriedkov na konkrétne aktivity*

Cieľom mechanizmu je poskytnúť členským štátom podporu na dosiahnutie míľnikov a cieľov reforiem a investícií uvedených v ich plánoch obnovy a odolnosti a okrem riadne odôvodnených prípadov podpora z mechanizmu nenahrádza opakujúce sa vnútroštátne rozpočtové výdavky.

V zmysle vyššie uvedeného, vychádzajúc najmä z Nariadenia o skupinových výnimkách, Nariadenia o štátnej pomoci, Zákona o štátnej pomoci, Nariadenia o mechanizme a zo Schémy štátnej pomoci, možno konštatovať, že využitie poskytnutých finančných prostriedkov Mechanizmu je vo vzťahu k nasledujúcim aktivitám prípustné, za predpokladu, že také využitie neodporuje príslušnej výzve:

„Preplatenie FTE na podporné aktivity na univerzitách/ústavoch SAV“

„Preplatenie FTE na výskumných projektoch na univerzitách/ústavoch SAV“

Preplatenie FTE na podporné aktivity na univerzitách/ústavoch SAV a Preplatenie FTE na výskumných projektoch na univerzitách/ústavoch SAV je prípustné za predpokladu, že sa týka využitia finančných prostriedkov na personál, ktorý sa podieľa na projekte, pričom prípustné je využitie týchto finančných prostriedkov len v rozsahu, v ktorom sa tento personál podieľa na danom projekte.

Nepřípustné však je využitie finančných prostriedkov Mechanizmu na **mzdové výdavky, ktoré sa netýkajú výlučne daného projektu.**

„Vytvorenie grantovej schémy pre výskumné programy v oblasti HPC/HPDA/AI (priama finančná podpora)“

„Vytvorenie grantovej schémy pre výskumné programy, ktoré budú realizované s použitím HPC (nepriama finančná podpora)“

Podľa § 6 ods. 1 písm. a) Zákona o štátnej pomoci, grant je poskytnutím výhody príjemcovi v peňažných prostriedkoch, t.j. je priamou formou pomoci. *Vytvorenie grantovej schémy pre výskumné programy* možno v rozsahu daného projektu považovať za prípustné, ak takéto využitie nie je v rozpore s príslušnou výzvou.

Podľa § 6 ods. 2 písm. g) Zákona o štátnej pomoci možno považovať použitie HPC za inú formu pomoci, t.j. za poskytnutie výhody príjemcovi v nepeňažnej forme (nepriama forma pomoci).

„Zriadenie nových študijných programov pre oblasť HPC a ich udržanie“

„Zriadenie študijných predmetov v rámci iných odborov, ktoré ich naučia využívať HPC“

„Financovať dopytovo orientované výzvy na vznik a prevádzku CoE na univerzitách/ústavoch SAV“

„Financovať podporné schémy na vývoj SW a aplikácií pre HPC na univerzitách/ústavoch SAV“

V zmysle čl. 5 ods. 1 Nariadenia o mechanizme sa môžu z prostriedkov Plánu obnovy kryť aj výdavky súvisiace s prípravnými, monitorovacími, kontrolnými, audítorskými a hodnotiacimi činnosťami, ktoré si vyžaduje riadenie jednotlivých nástrojov a plnenie ich cieľov, najmä so štúdiami, stretnutiami expertov, informačnými a komunikačnými činnosťami vrátane inštitucionálnej komunikácie o politických prioritách Únie, pokiaľ súvisia s cieľmi Nariadenia o mechanizme, výdavky spojené s IT sieťami zameranými na spracovanie a výmenu informácií a inštitucionálnymi nástrojmi informačných technológií, ako aj všetky ďalšie výdavky na technickú a administratívnu pomoc, ktoré Komisia vynakladá na riadenie jednotlivých nástrojov. Výdavky môžu pokrývať aj náklady na iné podporné činnosti, ako je kontrola kvality a monitorovanie projektov na mieste, a náklady na partnerské poradenstvo a expertov na hodnotenie a implementáciu reforiem a investícií.

V zmysle predmetného ustanovenia tak možno považovať financovanie vyššie uvedených aktivít z prostriedkov Mechanizmu za prípustné, a to za predpokladu, že aktivity sú v súlade s cieľmi a míľnikmi stanovenými v schválenom Pláne obnovy. Avšak ani skutočnosť, že vyššie uvedené aktivity sú v súlade s cieľmi a míľnikmi stanovenými v schválenom Pláne obnovy, nevylučuje uplatnenie pravidiel štátnej pomoci a verejného obstarávania (§ 13 ods. 2 Zákona o mechanizme).

8.3.4.7 *Financovanie z prostriedkov POO pre iné ako verejné inštitúcie*

Pri posudzovaní možnosti poskytovania prostriedkov z mechanizmu pre iné ako verejné inštitúcie, je potrebné zmysle Zákona o mechanizme¹²⁶ prihliadať či opisované investície sú zahrnuté v pláne obnovy. Investičné zámery z prostriedkov mechanizmu ako (i) *Poskytovanie grantov pre sprostredkovateľov (krajské a regionálne centrá inovácií, start-upy - priama finančná podpora)*, (ii) *Poskytovanie grantov pre start-upy vývojárov aplikácií a SW*, (iii) *Grantové schémy na využitie produktov/služieb NSCC iným než akademickým sektorom (MSP, OVM) (nepriama finančná podpora)* je možné subsumovať v pláne obnovy pod Komponent 17: digitálne Slovensko presnejšie pod Investíciu č. 5, ktorú rozoberieme nižšie. Toto výslovné označenie v pláne obnovy oprávňuje poskytnutie prostriedkov z plánu obnovy na vyššie uvedené investičné zámery.

Zákonodarca predpokladá možnosť poskytnutia finančných prostriedkov mechanizmu aj pre subjekty, ktoré nie sú individuálne určené v pláne obnovy alebo iným osobitným predpisom či v zriaďovateľskej pôsobnosti štátneho orgánu (ďalej len „Priamo určený prijímateľ“). Zákon o mechanizme, avšak upravuje odlišný spôsob poskytovania prostriedkov z mechanizmu pre priamo určených prijímateľov (priame vyzvania) a pre osoby iné ako sú priamo určený prijímatelia. Pre tieto osoby je možné poskytnúť prostriedky mechanizmu len na základe výzvy,¹²⁷ ktorú vyhlasuje vykonávateľ.¹²⁸

¹²⁶ napr. § 2 písm. A), b), c), § 15 ods. 5 Zákon o mechanizme

¹²⁷ § 12 ods. 2 Zákon o mechanizme

¹²⁸ § 15 ods. 1 Zákon o mechanizme

Na otázku „Ako môže NSCC z prostriedkov POO financovať“ investičné zámery, sme odpovedali v podkapitole 6.3.2.1 kde sme odporúčali ako najlepšiu možnosť upraviť postavenie NSCC ako sprostredkovateľa v prerozdeľovaní prostriedkov mechanizmu.

„Poskytovanie grantov pre sprostredkovateľov (krajské a regionálne centrá inovácií, start-upy - priama finančná podpora)“

Predmetný cieľ môžeme subsumovať v Pláne obnovy pod Komponent 17, investícia č. 5: *Zámerom je dobudovať kompetenčné centrá a platformy zamerané na konkrétne technológie.*

U krajských a regionálnych centier inovácií, keďže sa nejedná o subjekt, ktorý by bol individuálne určený rozhodnutím vlády SR, plánom obnovy, alebo osobitným predpisom musia sa uchádzať o prostriedky z mechanizmu prostredníctvom výzvy.

Podľa § 6 ods. 1 písm. a) Zákona o štátnej pomoci, grant je poskytnutím výhody príjemcovi v peňažných prostriedkoch, t.j. je priamou formou pomoci.

O štátnu pomoc, v prípade poskytnutia prostriedkov mechanizmu pre krajské a regionálne centrá inovácií sa bude jednať vtedy ak by došlo k naplneniu podmienok, štátnej pomoci, ktoré uvádzame vyššie v podkapitole 6.4. Bez presnejšieho označenia centra inovácií, na základe ktorého by sme mohli určiť či vykonáva hospodársku činnosť nemôžeme s presnosťou odpovedať na otázku či sa bude jednať o štátnu pomoc.

Ak by došlo k naplneniu vyššie uvedených predpokladov, teda by sa jednalo o štátnu pomoc je potrebné ju poskytovať v rámci pravidiel stanovených v Schéme štátnej pomoci z prostriedkov Plánu obnovy a odolnosti Slovenskej republiky na podporu výskumu a vývoja v oblasti digitálnej transformácie Slovenska a v Schéme minimálnej pomoci na podporu digitálnej transformácie Slovenska aj z prostriedkov Plánu obnovy a odolnosti v znení dodatku č. 1.

Chceli by sme upozorniť aj na nariadenie Komisie (EÚ) č. 651/2014 (ďalej aj „Nariadenie o vyhlásení určitých kategórií pomoci“), kde podľa čl. 27 je možné, za predpokladu splnenia dodatočných podmienok, že sa na pomoc pre inovačné zoskupenia, nebude vzťahovať notifikačná povinnosť. Na toto nariadenie odkazuje aj Komisia vo svojej Analýze plánu obnovy a odolnosti Slovenska.

„Poskytovanie grantov pre start-upy vývojárov aplikácií a SW“

Predmetný cieľ môžeme subsumovať v Pláne obnovy pod Komponent 17, investícia č. 5: V novom programovom období je nutnosťou razantne zvýšiť počet slovenských subjektov v projektoch v rámci priamo riadených programov EÚ, a to najmä programov Digitálna Európa (DIGITAL), Nástroj na prepájanie Európy (CEF) a Horizont Európa. Je potrebné pripraviť mechanizmus podpory, napr. formou dotačnej schémy.

Pre start-upy alebo ináč začínajúce podniky je charakteristické, že vykonávajú hospodársku činnosť, ktorá spočíva v ponuke tovaru a služieb na trhu. Z tejto

charakteristiky start-upov môžeme usúdiť a upozorniť, že prípadné poskytovanie prostriedkov mechanizmu môže potenciálne ľahšie napĺňať podmienky štátnej pomoci, ktoré sme rozobrali v podkapitole 6.4.

Rovnako sa Naradenie o vyhlásení určitých kategórií pomoci v čl. 22 *Pomoc pre začínajúce podniky* zaoberá aj start-upmi, ktoré sú v samotnom názve čl. 22 prekladá ako začínajúce podniky. Kde za splnenia určitých podmienok sa na danú pomoc rovnako nebude vzťahovať notifikačná povinnosť.

„Grantové schémy na využitie produktov/služieb NSCC iným než akademickým sektorom (MSP, OVM) (nepriama finančná podpora)“

Predmetný cieľ môžeme subsumovať v Pláne obnovy pod Komponent 17, investícia č. 5: Podpora konkurencieschopnosti slovenského priemyslu, a to najmä technologických firiem vďaka zvýšenému dopytu po inováciách.

Podľa § 6 ods. 2 písm. g) Zákona o štátnej pomoci možno považovať použitie HPC za inú formu pomoci, t.j. za poskytnutie výhody príjemcovi v nepeňažnej forme (nepriama forma pomoci).

Prílohy

9 Prílohy

9.1 Prieskum požiadaviek na výkon/kapacity HPC

9.1.1 Prieskum – marec 2022

V marci 2022 bol formou online formulára realizovaný prieskum medzi aktuálnymi používateľmi služieb HPC na Slovensku. Do zoznamu oslovených subjektov boli zaradení bývalí a súčasní klienti CSČ SAV pôsobiaci v oblasti vedy a výskumu. Cieľom prieskumu bolo identifikovať aktuálne a budúce konzumované služby HPC, identifikovať požiadavky používateľ z hľadiska platforiem, softvéru a úložných kapacít, identifikovať aktuálne zdroje poskytovaných služieb a zistiť kapacitný rozsah budúcich požiadaviek.

Zoznam respondentov

Prieskumu sa zúčastnilo 24 respondentov z nasledujúcich organizácií, ktoré svoj výskum realizujú v uvedených oblastiach:

Tabuľka 59: Prieskum – Zoznam respondentov v prieskume dopytu

Skratka respondenta	Respondent	Oblasť výskumu alebo inej činnosti
FÚ SAV	Fyzikálny ústav SAV	Materiálové vedy
PriF UK	Prírodovedecká fakulta UK	Materiálová veda, Kvantová chémia, Materiálová chémia, Teoretická a počítačová chémia
KEF FMFI UK	Katedra experimentálnej fyziky FMFI UK	Fyzika kondenzovaných látok
KCH FPV UMB	Katedra chémie FPV UMB	Kvantová chémia, Teoretická a počítačová chémia
PriF UK	Prírodovedecká fakulta UK v Bratislave	
KEaMT FEI TUKE	Katedra elektroniky a multimediálnych telekomunikácií, FEI TUKE	Spracovanie reči a jazyka
PriF UK	Prírodovedecká fakulta UK	
OTCH ÚACH SAV	Oddelenie teoretickej chémie UACH SAV	Pokročilé materiály, Kvantová chémia
NEU SAV	Neuroimunologický ústav SAV	Biofyzika, štruktúrna biológia, proteínová chémia
ÚVoZ SAV	Ústav vied o Zemi	Geofyzika
ÚFV UPJŠ	Ústav fyzikálnych vied, UPJŠ	Astrofyzika
OSF ÚEF SAV KE	Oddelenie subjadrovej fyziky, Ústav experimentálnej fyziky SAV Košice	Časticová fyzika
CHÚ	Chemický ústav	Výpočtová chémia, proteomika, biofyzika, molekulová biológia
PriF UK	Univerzita Komenského, Prírodovedecká fakulta	

KAI FMFI UK	Katedra Aplikovanej Informatiky FMFI UK	Počítačové videnie
OFCH FCHPT STU	Oddelenie fyzikálnej chémie FCHPT STU	Počítačová chémia
KCH FPV UMB	Katedra chémie FPV UMB	
GV	GEODETICCA VISION	Zber, spracovanie, analýza a publikovanie veľkých geopriestorových dát
FCHPT STU	FCHPT STU	Chémia
OTCH ÚACH SAV	Oddelenie teoretickej chémie, Ústav anorganickej chémie, SAV	
FÚ SAV	Fyzikálny ústav SAV	
EÚ SAV	Elektrotechnický Ústav, SAV	Superconducting electric power devices
ÚP SAV	Ústav polymérov SAV, v.v.i.	Chémia
MF SR IFP	Ministerstvo financií SR - Inštitút finančnej politiky	Ekonomia

Krátky popis výskumných projektov alebo iných aktivít

V rámci prieskumu respondenti uviedli, že pomocou HPC realizujú tieto aktivity:

Tabuľka 60: Odpovede v prieskume predpokladaného dopytu (otázka 4)

Respondent	Odpoveď
FÚ SAV	Kvantové simulácie, Využívame program VASP na DFT výpočty elektrónovej štruktúry a fyzikálnych a chemických vlastností povrchov kovov
PriF UK	Valorizácia biomasy, konverzia alkoholov na látky použiteľné ako palivá, využitie perovskitov v solárnej energetike, vývoj a metodológia, Presne výpočty atómov a molekúl, nekovalentne interakcie, machine learning a AI, Výpočty optických a magnetických vlastností organických a organ metalických molekulových materiálov, štúdium reakčných mechanizmov, Chemické modelovanie rozsiahlych molekulových systémov
KEF FMFI UK	Štúdium štruktúrnych fázových prechodov v tuhých látkach
KCH FPV UMB	Výpočty z fotochémie, i z oblasti super ťažkých prvkov, Fotochémia, elektrické a optické vlastnosti molekúl, reakčné mechanizmy, chémia super ťažkých prvkov
KEaMT FEI TUKE	Rozpoznávanie plynulej slovenskej reči, tréning slovenského neurónového jazykového modelu
OTCH ÚACH SAV	Imobilizácia polutantov modifikovanými vrstevnatými štruktúrami, Single molecule as well as solid state DFT calculations of spectroscopic parameters such as (p)NMR, EPR, UVvis, X-ray, ECD, IR, Raman, and others.
NEÚ SAV	Princípy proteínových interakcií, proteín misfolding, proteín folding
ÚVoZ SAV	Inverzné elektromagnetické modelovanie na tvorbu geoelektrických modelov
ÚFV UPJŠ	Dynamika a dlhodobá stabilita planetárnych sústav
OSF UEF SAV KE	Štúdium mäkkých QCD interakcií a protónovej štruktúry
CHÚ	Evaluation of pair interaction energies (PIEs) between residues in proteins and protein complexes (this part may require substantial computational resources). These serve then to build PIE based protein residue networks (PIE-PRN), which itself does not need supercomputer power.

KAI FMFI UK	počítačové videnie v sledovaní dopravy, počítačové videnie v interakcii človeka s robotom, počítačové videnie pre využitie 3D scanov v priemyselných aplikáciách
OFCH FCHPT STU	DFT výpočty nanomaterialov a komplexov prechodných kovov
GV	Automatizovaná extrakcia a vektorizácia veľkých geopriestorových dát (letecké a satelitné snímky/ortofoto) - automatizovaná tvorba vektorových máp a analytických výstupov pre podporu alebo úplnú automatizáciu rozhodovania na základe faktov.
FCHPT STU	Elektrónová štruktúra komplexov kovov s "non-innocent" ligandami ako kľúč k interpretácii a predikcii ich vlastností Súčinnosť prístupov teoretickej chémie, kryštalografie, spektroskopie a organickej syntézy pri riešení bytostných problémov tejto doby Cieľený výskum elektrónovej štruktúry s dôsledkom na chemické a fyzikálno-chemické vlastnosti II Štúdium chemickej a elektrónovej štruktúry nových organických zlúčenín s bioinšpirovanými stavebnými jednotkami
EÚ SAV	Electro-magnetic modelling of superconducting power devices, such as electric motors for aircraft propulsion and high magnetic field magnets.
ÚP SAV	Molekulové simulácie polymérov, konkrétne interakcie polymérov s povrchmi a ochrana povrchov polymérmi metódami molekulovej dynamiky alebo kombinovanej molekulovej mechaniky-quantovej mechaniky, priestorovo obmedzené polymérne reťazce
MF SR IFP	Zatiaľ neriešime žiadne projekty s využitím HPC

Otázka č. 5 – Aké HPC zdroje momentálne využívate?

Respondenti využívajú tieto HPC zdroje:

Tabuľka 61: Odpovede v prieskume predpokladaného dopytu (otázka 5)

Respondent	Odpoveď
FÚ SAV	Výpočtové kapacity vášho pracoviska, Národnú HPC infraštruktúru (SIVVP), Zahraničné HPC kapacity
PriF UK	Výpočtové kapacity vášho pracoviska, Národnú HPC infraštruktúru (SIVVP), Zahraničné HPC kapacity
KEF FMFI UK	Výpočtové kapacity vášho pracoviska, Zahraničné HPC kapacity
KCH FPV UMB	Výpočtové kapacity vášho pracoviska, Národnú HPC infraštruktúru (SIVVP), Zahraničné HPC kapacity
KEaMT FEI TUKE	Výpočtové kapacity vášho pracoviska
OTCH ÚACH SAV	Výpočtové kapacity vášho pracoviska, Národnú HPC infraštruktúru (SIVVP), Zahraničné HPC kapacity
NEÚ SAV	Výpočtové kapacity vášho pracoviska, Národnú HPC infraštruktúru (SIVVP), Zahraničné HPC kapacity
ÚVoZ SAV	Výpočtové kapacity vášho pracoviska, Národnú HPC infraštruktúru (SIVVP), Zahraničné HPC kapacity
ÚFV UPJŠ	Výpočtové kapacity vášho pracoviska, Národnú HPC infraštruktúru (SIVVP), Zahraničné HPC kapacity
OSF ÚEF SAV KE	Výpočtové kapacity vlastného WLCG Tier-2 a zahraničných grid klastrov a HPC

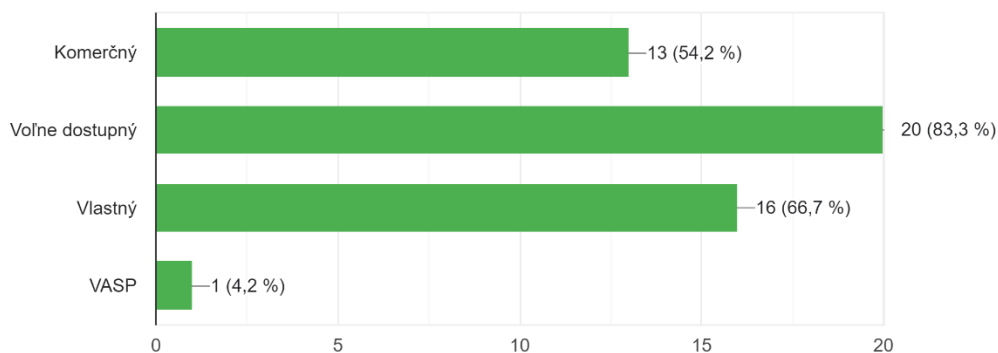
CHÚ	Výpočtové kapacity vášho pracoviska, Národnú HPC infraštruktúru (SIVVP), Zahraničné HPC kapacity, zahraničné najmä v spolupráci s partnermi
KAI FMFI UK	Výpočtové kapacity vášho pracoviska, Komerčné HPC služby
OFCH FCHPT STU	Výpočtové kapacity vášho pracoviska
GV	Výpočtové kapacity vášho pracoviska
FCHPT STU	Výpočtové kapacity vášho pracoviska, Národnú HPC infraštruktúru (SIVVP)
EÚ SAV	Výpočtové kapacity vášho pracoviska, Národnú HPC infraštruktúru (SIVVP), In the past, I used the computer clusters of Žilina and in the Institute of Informatics, SAV. I started using less these resources, partially because of their unavailability for my computations.
ÚP SAV	Výpočtové kapacity vášho pracoviska, Zahraničné HPC kapacity
MF SR IFP	Žiadne

Otázka č. 6 – Aký softvér používate pre riešenie svojich úloh?

Respondenti pri riešení ich úloh využívajú takéto typy softvérov:

Aký softvér používate pre riešenie svojich úloh?

24 odpovedí



Obrázok 15: Odpovede v prieskume predpokladaného dopytu (otázka 6)

Otázka č. 7 – Ak používate komerčne alebo voľne dostupný softvér, uveďte prosím jeho názov.

Respondenti uviedli, že využívajú tieto softvéry:

Tabuľka 62: Odpovede v prieskume predpokladaného dopytu (otázka 7)

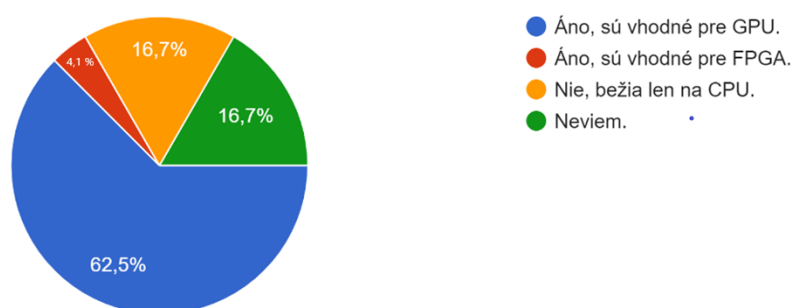
Respondent	Odpoveď
FÚ SAV	QMCPACK, DFT codes, program VASP
PriF UK	VASP, Komerčný: Gaussian, Turbomole, voľný: NWChem, MOLCAS, TensorFlow, XGBoost, ADF, Gaussian16
KEF FMFI UK	VASP, Quantum Espresso, LAMMPS, PLUMED, DEEPMO
KCH FPV UMB	AMS (od scm.com), Gaussian, Turbomole, Gamess, Orca, Molcas, Dirac, ADF, Psi4, NWChem, NEWTON-X, Crystal, VASP
KEaMT FEI TUKE	Pytorch
OTCH ÚACH SAV	VASP, Turbomole, Gaussian, ADF (SCM), Dirac, Dalton/LSDalton
NEÚ SAV	NAMD
ÚVoZ SAV	-
ÚFV UPJŠ	Rebound, Mercury6
OSF ÚEF SAV KE	ROOT, Geant4, Sherpa, Pythia, Fastjet, Athena
CHÚ	GAMESS US, ORCA, pyProGA, seldomly GAUSSIAN (not really necessary), AMBER
KAI FMFI UK	PyTorch
OFCH FCHPT STU	Gaussian16, AIMAll, ORCA
GV	Väčšinou ide o AI a CV knižnice a frameworky - Tenforflow, Pytorch, Rastervision, OpenCV, ...
FCHPT STU	Gaussian, Turbomole, ORCA, Dalton, Crystal
EÚ SAV	-
ÚP SAV	GROMACS, DL_Poly, Gaussian, ORCA
MF SR IFP	STATA, Macrobond, Bloomberg, RStudio, Matlab

Otázka č. 8 – Sú niektoré aplikácie, ktoré používate dostupné aj vo verzii vhodnej pre akcelerátory, resp. hybridnú architektúru?

Dostupnosť aplikácie pre hybridnú architektúru, ktorá je využívaná respondentmi je nasledovná:

Sú niektoré aplikácie, ktoré používate dostupné aj vo verzii vhodnej pre akcelerátory, resp. hybridnú architektúru?

24 odpovedí



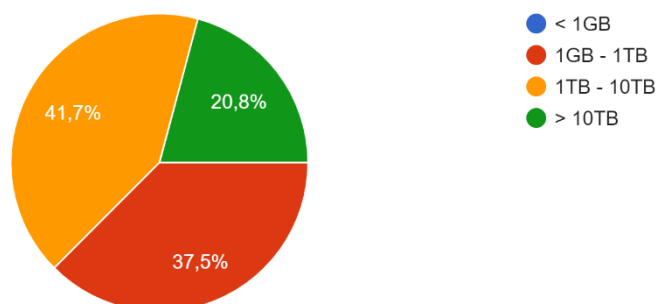
Obrázok 16: Odpovede v prieskume predpokladaného dopytu (otázka 8)

Otázka č. 9 – Aké sú typické požiadavky vašich projektov na dlhodobé úložné kapacity?

Respondenti majú v rámci ich projektov tieto požiadavky na dlhodobé úložné kapacity:

Aké sú typické požiadavky vašich projektov na dlhodobé úložné kapacity?

24 odpovedí



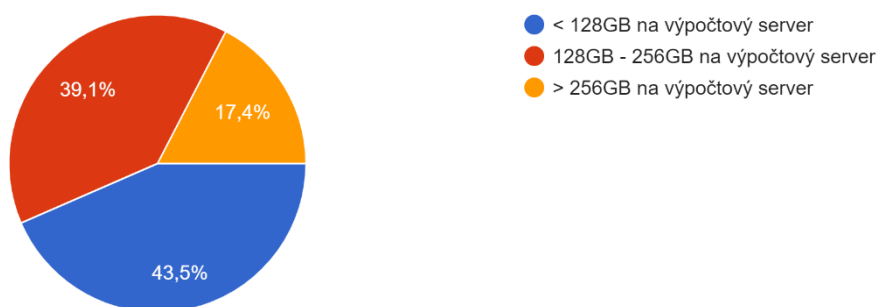
Obrázok 17: Odpovede v prieskume predpokladaného dopytu (otázka 9)

Otázka č. 10 – Aké sú typické požiadavky vašich aplikácií na operačnú pamäť?

Respondenti uviedli tieto požiadavky ich aplikácií na operačnú pamäť ako typické:

Aké sú typické požiadavky vašich aplikácií na operačnú pamäť?

23 odpovedí



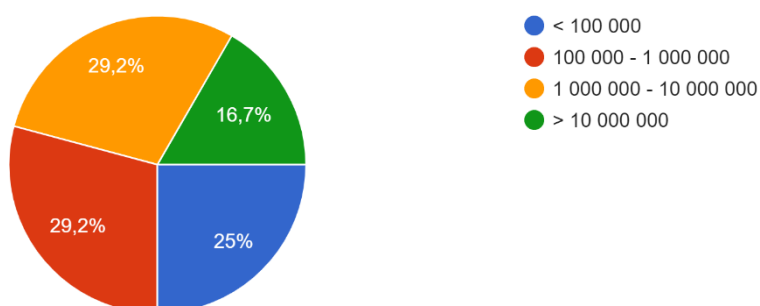
Obrázok 18: Odpovede v prieskume predpokladaného dopytu (otázka 10)

Otázka č. 11 – Aká je typická alokácia strojového času pre vaše projekty?

Projekty respondentov bežne vyžadujú takúto alokáciu strojového času:

Aká je typická alokácia strojového času pre vaše projekty?

24 odpovedí



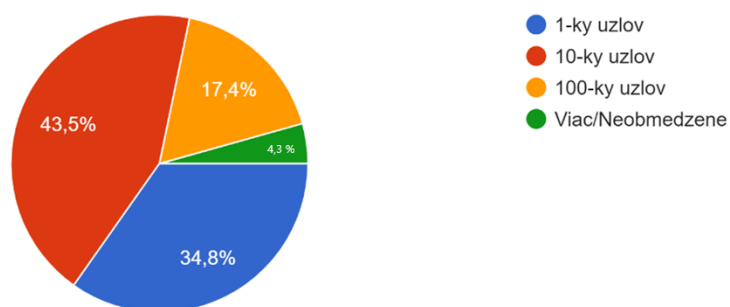
Obrázok 19: Odpovede v prieskume predpokladaného dopytu (otázka 11)

Otázka č. 12 – Aké je efektívne škálovanie vašich aplikácií na viacerých uzloch?

Respondenti uviedli takéto škálovanie aplikácií na viacerých uzloch ako efektívne:

Aké je efektívne škálovanie vašich aplikácií na viacerých uzloch?

23 odpovedí



Obrázok 20: Odpovede v prieskume predpokladaného dopytu (otázka 12)

Otázka č. 13 – Ak to uznáte za vhodné, uveďte ďalšie poznámky o požiadavkách na hardvér superpočítača.

Ďalšie požiadavky na hardvér HPC, ktoré respondenti uviedli:

Tabuľka 63: Odpovede v prieskume predpokladaného dopytu (otázka 13)

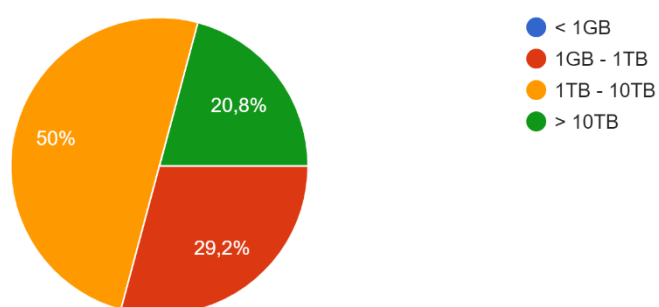
Respondent	Odpoveď
FÚ SAV	Hardvér podobný ako bol Aurel bol dobrý
PriF UK	Rýchle lokálne úložisko
KEF FMFI UK	-
KCH FPV UMB	Pre naše potreby by bola vhodná kombinácia CPU/GPU, napr.: 2U Intel 2x CPU 6326 (16C, 2,9GHz), RAM 512GB, 1,6TB NVMe DWP3 + 4x GPU (NVIDIA A30 Module 24GB), prípadne nejake uzly aj s RAM 1TB
KEaMT FEI TUKE	Na tréningovanie neurónových jazykových modelov sú momentálne štandardom karty nvidia A100 - https://github.com/NVIDIA/DeepLearningExamples/tree/master/PyTorch/LanguageModeling/BERT#results
OTCH ÚACH SAV	-
NEÚ SAV	-
ÚVoZ SAV	-
ÚFV UPJŠ	-
OSF ÚEF SAV KE	CPU/GPU - best is to have 2 physically separate partitions, most of EuroHPC are built this way and there are lot's of users for both. cpus - vendors typically give large discounts, so it's best to buy maximum cores per node and fastest cpus. - for many users (not only LHC) it helps to have local node nvme and it relaxes a lot the stress on shared filesystem. - one must have a very fast small shared FS and slower large capacity. - concerning connectivity one must have some NAT hardware, easiest is to setup a server with IB and fast ethernet to bridge, target few 100Gb/s for WAN, Firewalls can be extremely expensive, but one can use ACLs on routers. (On Vega they compensate with NFT filters on each server on public network). - provision enough of NAT servers (Vega has 30 of them), virtualization works quite well even for high traffic.
CHÚ	-
KAI FMFI UK	Bez GPU to v podstate nemá vôbec zmysel.
OFCH FCHPT STU	-
GV	-
FCHPT STU	-
EÚ SAV	Our computations run better in clusters with fewer nodes with many logical cores in them, rather than in clusters with many nodes and few cores in each node. Some of our programs are parallelized within single nodes only (by OpenMP). Calculations take from few days to few weeks, and hence queues allowing "long" calculations are necessary.
ÚP SAV	-
MF SR IFP	-

Otázka č. 14 – Aký je odhad požiadaviek vašich projektov na dlhodobé úložné kapacity?

Respondenti odhadujú, že v rámci ich projektov budú mať na dlhodobé úložné kapacity tieto požiadavky:

Aký je odhad požiadaviek vašich projektov na dlhodobé úložné kapacity?

24 odpovedí



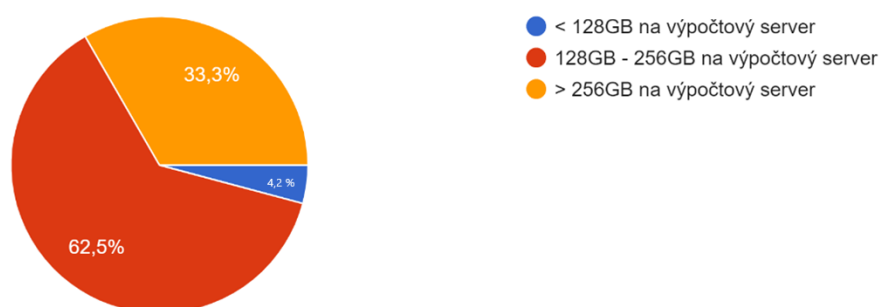
Obrázok 21: Odpovede v prieskume predpokladaného dopytu (otázka 14)

Otázka č. 15 – Akú operačnú pamäť budú potrebovať vaše aplikácie?

Respondenti odhadujú, že ich aplikácie budú potrebovať takúto operačnú pamäť:

Akú operačnú pamäť budú potrebovať vaše aplikácie?

24 odpovedí



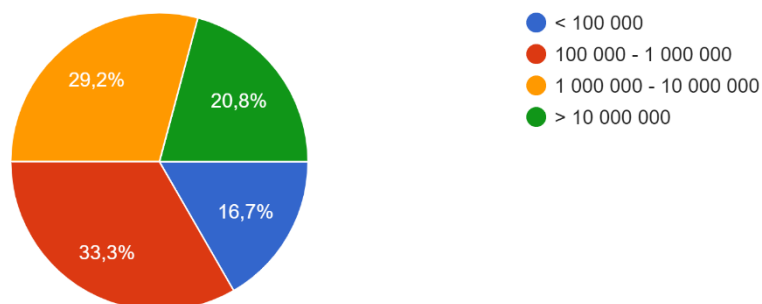
Obrázok 22: Odpovede v prieskume predpokladaného dopytu (otázka 15)

Otázka č. 16 – Aký je odhad typickej alokácie strojového času pre vaše budúce projekty?

Respondenti odhadujú takúto alokáciu strojového času pre ich budúce projekty:

Aký je odhad typickej alokácie strojového času pre vaše budúce projekty?

24 odpovedí



Obrázok 23: Odpovede v prieskume predpokladaného dopytu (otázka 16)

Otázka č. 17 – Ak to uznáte za vhodné, uveďte ďalšie poznámky o dlhodobých požiadavkách na hardvér superpočítača.

Ďalšie dlhodobé požiadavky na hardvér HPC, ktoré respondenti uviedli:

Tabuľka 64: Odpovede v prieskume predpokladaného dopytu (otázka 17)

Respondent	Odpoveď
FÚ SAV	Rýchlosť, dostupnosť, spoľahlivosť,
PriF UK	Rýchle lokálne úložiska na výpočtových uzloch, GPU (alebo iné) akcelerátory
KEF FMFI UK	-
KCH FPV UMB	-
KEaMT FEI TUKE	-
OTCH ÚACH SAV	128 cores per node
NEÚ SAV	-
ÚVoZ SAV	-
ÚFV UPJŠ	-
OSF ÚEF SAV KE	Úlohy v časticovej fyzike sa typicky dajú spracovávať dávkovo, udalosť po udalosti., obmedzene sú skôr v úložnej kapacite. V simuláciách výnimku tvorí počítanie maticových elementov a v spracovaní dát rôzne kombinatoricky náročné algoritmy.
CHÚ	-
KAI FMFI UK	GPU pre hlboké konvolučné neurónové siete, bez GPU to v podstate nemá žiadny zmysel
OFCH FCHPT STU	-
GV	-
FCHPT STU	-
EÚ SAV	For our computations, it will be convenient to have fewer nodes with many logical cores in them, rather than having more nodes with fewer logical cores. The computations require from few days to few weeks, and hence the queue should allow this. In the past, we had bad experience that I had to wait a few days, or even weeks, to run a couple of tasks, while other users had hundreds of tasks running and in waiting queue. There should exist at least one high priority queue that is not free of cost (costs charged to project), where the costs are proportional to the reserved pre-purchased core-hours.
ÚP SAV	-
MF SR IFP	-

Otázka č. 18 – Ak by ste mali k dispozícii neobmedzenú kapacitu superpočítača, mohli by ste riešiť úlohy, ktoré dnes nemôžete? Aké?

V prípade dostupnosti neobmedzenej kapacity HPC, by ju respondenti vedeli využiť nasledovne:

Tabuľka 65: Odpovede v prieskume predpokladaného dopytu (otázka 18)

Respondent	Odpoveď
FÚ SAV	Áno, sú úlohy ktoré koncepčne je možné rátať ale kapacity sú nedostatočné, nie je efektívne čakať na jedno číslo pol roka ...
PrIF UK	Rovnaký typ úloh ale presnejšie a lepšie, presne kvantovo-chemické výpočty, rozsiahle simulácie biosystémov, Chemické ab initio modelovanie atmosférických procesov (reaktivity) zahŕňajúce desiatky až stovky atómov
KEF FMFI UK	Realistické simulácie štruktúrnych transformácií v kryštáloch vo veľkých systémoch, v prítomnosti defektov (milióny atómov)
KCH FPV UMB	Dynamika excitovaných stavov molekúl, solid-state výpočty veľkých základných buniek kryštálov, reakcie na povrchoch (katalýza), multireferenčné výpočty
KEaMT FEI TUKE	Mohli by sme zostaviť neuronový jazykový model s viac ako 1 miliardou parametrov. Tým by sa kvalita spracovania prirodzeného slovenského jazyka priblížila ku angličtine.
OTCH ÚACH SAV	-
NEÚ SAV	-
ÚVoZ SAV	-
ÚFV UPJŠ	Výpočet máp stability pre všetky známe exoplanetárne sústavy - potrebná asi fakt neobmedzená kapacita...
OSF ÚEF SAV KE	Keďže väčšina úloh z našej fyziky je štatistického charakteru, mnohé presné merania potrebujú veľké objemy simulovaných dát (pričom generácia prvotného stavu častíc po zrážke je najviac CPU intensive úloha z našej oblasti), každé podstatné zvýšenie CPU kapacity prináša možnosť uskutočniť nové typy presných meraní, ktoré napomáhajú pochopenie správania sa hmoty a Vesmíru."
CHÚ	Asi nie
KAI FMFI UK	Áno, realizáciu viacerých experimentov naraz a tým pádom výrazné urýchlenie iterácie v bádani.
OFCH FCHPT STU	-
GV	Určite by sme mohli vytvárať robustnejšie modely
FCHPT STU	Kvantovo-chemické výpočty veľkých molekúl, 3D periodické výpočty v tuhej fáze
EÚ SAV	One of the main reasons that we are not using the clusters of SIVPP is that we had to wait few days, or even weeks, to run our tasks, which are all multiple-core. It was also frustrating to see that users with hundreds of running tasks were overtaking our tasks in the queue, while we did not have any running task. It will be feasible for us to use the HPC resources, if we need to wait a few hours at most to run. Our EU framework projects could finance part of our electricity expenses, since HPC clusters or supercomputers are considered as "large equipment".
ÚP SAV	Áno, dlhšie polymérne reťazce, ktoré sa správajú dynamicky aj štruktúrne odlišne ako krátke polymérne reťazce a tým sú simulované systémy bližšie k experimentálnym podmienkam; väčšie bielkoviny interagujúce s polymérmi modifikovanými povrismi, kde zohrávajú pri interakcii úlohu aj rozmery bielkovín
MF SR IFP	-

9.1.2 Výsledky prieskumu – marec 2022

Z uskutočneného prieskumu medzi súčasnými užívateľmi HPC na Slovensku bolo zistené, že existuje značný potenciál pre vybudovanie HPC centra na Slovensku. Tento záver je podporený výsledkami prieskumu, prostredníctvom ktorého respondenti komunikujú značný dopyt po corehodinách v rámci budúceho Slovenského HPC. Tento dopyt sa opiera najmä o fakt, že súčasnosti sú nútení čakať dlhú dobu na voľný slot v rámci HPC centier, ktoré aktuálne využívajú. Zároveň v prípade vybudovania domácich HPC kapacít by boli schopný vykonávať svoje činnosti plynulejšie, presnejšie a taktiež by sa mohli venovať aj novým výskumným aktivitám.

Predpokladaný rozsah požiadaviek

Na základe odpovedí jednotlivých respondentov a následných telefonických konzultácií bola určený objem rozsah budúcich požiadaviek na kapacitu centra HPC.

Tabuľka 66: Predpokladaný rozsah požiadaviek

Predpokladaný rozsah požiadaviek (v miliónoch jadrohodín)		
Ústav	Aktuálne požiadavky	Budúce požiadavky
Fyzikálny ústav SAV (od augusta Ústav informatiky SAV)	20	40
Prírodovedecká fakulta UK	20	40
Katedra experimentálnej fyziky FMFI UK	10	10
Katedra chémie FPV UMB	5	5
Prírodovedecká fakulta UK v Bratislave	0,1	0,1
Katedra elektroniky a multimediálnych telekomunikácií, FEI TUKE	0,1	1
Prírodovedecká fakulta UK	1	1
Oddelenie teoretickej chémie UACH SAV	10	10
Neuroimunologický ústav SAV	10	10
Ústav vied o Zemi SAV	1	1
Ústav fyzikálnych vied, UPJŠ	1	10
Oddelenie subjadrovej fyziky, Ústav experimentálnej fyziky SAV Kosice	1	1
Chemický ústav	1	1
Katedra Aplikovanej Informatiky FMFI UK	0,1	0,1
Oddelenie fyzikálnej chémie FCHPT STU	1	1
Katedra chémie FPV UMB	20	40

Predpokladaný rozsah požiadaviek (v miliónoch jadrohodín)		
Ústav	Aktuálne požiadavky	Budúce požiadavky
GEODETICCA VISION	0,1	1
FCHPT STU	20	40
Oddelenie teoretickej chémie, Ústav anorganickej chémie, SAV	20	40
Fyzikálny ústav SAV	10	10
Univerzita Komenského, Prírodovedecká fak.	1	1
Spolu	152,4	263,2

Požadovaný počet jadier

Pre účel stanovenia celkového výpočtového výkonu nás zaujíma najmä budúca potreba strojového času, ktorá je 263 miliónoch jadrohodín. Ak uvažujeme s priemernou dĺžkou riešenia používateľského projektu 6 mesiacov, potom počet jadier superpočítača, ktorý má takéto potreby naplniť vypočítame ako:

$$\#cores = total\ corehours / (24 * 182.5) = 263\ 200\ 000 / 4\ 380 = 60\ 091$$

Keďže počítame s integráciou do siete superpočítačov EuroHPC JU, a teda navýšením výpočtového výkonu o 35 % pre potreby EuroHPC, ako aj s možnosťou komerčného predaja kapacity do výšky maximálne 20 %, bude celkový požadovaný počet výpočtových jadier 92 000 (52,3 PFLOPS).

9.1.3 Opakovaný prieskum – október 2022

V októbri 2022 boli respondenti prieskumu opakovane oslovení so žiadosťou o spresnenie svojich požiadaviek. Opakovaný prieskum potvrdil pôvodne predpokladaný rozsah dopytu a doplnil informácie o plánovaných výskumných projektoch, na ktoré budú predkladať požiadavky na služby HPC.

Výskumné projekty a požadované kapacity

Respondenti prieskumu zo slovenských akademických používateľov HPC okrem poskytli pri opakovanom prieskume podrobnejšie informácie o jednotlivých výskumných projektoch, pri ktorých plánujú využívať služby HPC. Prieskum od nich vyžadoval odpovede najmä na tieto otázky:

- Aký je rozsah požadovaných výpočtových kapacít?
- Čo je predmetom Vášho výskumu?
- Aké je odôvodnenie požadovanej kapacity?
- Z akých zdrojov ste doteraz čerpali kapacitu HPC?

— Aké sú 3 najvýznamnejšie publikačné výstupy Vášho výskumu?

9.1.4 Výsledky prieskumu – november 2022

Vedúci skupiny:	Doc. Ing. Tomáš Bučko, PhD.
Kontakt:	tomas.bucko@uniba.sk
Požiadavka pre budúce projekty:	20 000 000 core-hours
Predmet výskumu:	Určovanie teplotne závislých vlastností molekúl a materiálov pomocou presných ab initio výpočtov a metód strojového učenia
V rámci výskumu mojej skupiny sa snažíme skĺbiť naše dlhoročné skúsenosti s používaním a vývojom sofistikovaných metód štatistickej mechaniky a presných ab initio metód s novými myšlienkami z oblasti strojového učenia (ML). Naše inovatívne simulačné postupy [1] umožňujú zlepšiť kvalitu a efektivitu popisu: a) kinetiky a mechanizmov aktivovaných procesov V spolupráci s kolegami z IFPEN Lyon (Dr. Chizallet, Dr. Raybaud) sa v aplikáciách tohto typu zameriavame predovšetkým na štúdium izomerizácie a krakovania alkénov katalyzovaných zeolitmi [2]. Výsledkom týchto chemických reakcií sú produkty, ktoré sú kľúčové pri výrobe palív a rôznych chemikálií a chemických špecialít. Okrem toho, študujeme transformácie alkoholov na reaktívne prekursoru umožňujúce výrobu dlhších uhľovodíkov, ktoré môžu byť následne použité ako náhrada konvenčných zdrojov uhľovodíka používaných v petrochemickom priemysle. Pretože sú nižšie alkoholy dostupné z fermentácie biomasy a z iných obnoviteľných zdrojov, tento typ transformácií predstavuje sľubný príspevok k zlepšeniu dopadov chemickej výroby na životné prostredie. Úlohou počítačových simulácií je v tomto prípade objasniť reakčné mechanizmy, identifikovať aktívne centrá a ich súvislosť so štruktúrou zeolitu, čoho cieľom je optimalizácia katalytického procesu. b) termodynamických vlastností materiálov Príkladom aplikácie tohto druhu je štúdium teplotne závislej štruktúry a elektronických vlastností dichalkogenidov [3], ktorý realizujeme v spolupráci s Laboratóriom Pokročilých Materiálov (LAM) na UK v Bratislave. Dichalkogenidy skúmame ako potenciálne vhodný materiál na výrobu solárnych panelov. Ich štruktúrnou a chemickou rozmanitosťou značne komplikuje systematický experimentálny výskum kandidátnych štruktúr. Úlohou počítačových simulácií je pochopiť súvislosť medzi cieľovou vlastnosťou (napr. šírkou tzv. zakázaného pásma) a chemickým zložením a štruktúrou a navrhnúť malú skupinu vhodných termodynamicky stabilných štruktúr, ktoré budú následne skúmané našimi experimentálnymi partnermi z LAM. Dlhodobým cieľom tohto výskumu je nájsť a syntetizovať materiál, ktorý svojimi vlastnosťami prevýši materiály v súčasnosti používané v solárnych technológiách.	
Vysvetlenie požiadavky na HPC kapacity:	
Najnáročnejším typom výpočtov realizovaným v rámci nášho výskumu je ab initio molekulová dynamika. Spotrebovaný výpočtový čas veľmi závisí od konkrétneho systému a simulačných detailov, preto môžem na tomto mieste poskytnúť len hrubý odhad nárokov mojej výskumnej skupiny. Pri riešení jednej výskumnej úlohy typicky generujeme 0.5-5 miliónov konfigurácií štruktúr so 100 až 1000 atómami, pričom výpočtový čas pripadajúci na jednu štruktúru je cca 1-10 CPU hod. Z uvedeného vyplýva požiadavka cca 5 MCPU hod na výskumnú úlohu. Skupina má v súčasnosti 6 členov, z ktorých každý pracuje na vlastnej výskumnej úlohe (realizovanej v časovom horizonte 1-2 roky), preto by ročná výpočtová kapacita, ktorú by sme potrebovali na optimálne fungovanie, nemala byť nižšia ako 20 MCPU hod. Rád by som zdôraznil, že naprosto nedostatočný výpočtový čas, ktorý máme momentálne k dispozícii zo slovenských zdrojov, výrazne limituje postup prác členov mojej skupiny vykonávaných v rámci ich doktorandského štúdia a ohrozuje dlhodobé spolupráce, ktoré sa nám podarilo nadviazať s našimi zahraničnými partnermi.	
Kapacity využívané/žiadané v zahraničí:	
V súčasnosti (do Marca 2023) máme v rámci riešenia projektu EUROFUSION k dispozícii výpočtový čas cca 2.5 MCPU hod na superpočítači Marconi (https://www.hpc.cineca.it/hardware/marconi). Okrem toho, na základe neformálnej spolupráce s kolegami z univerzity v Lorraine, dočasne používame superpočítač Explore (https://explor.univ-lorraine.fr/), odhad nami spotrebovaného ročného výpočtového času je cca 5 MCPU hod.	
3 najvýznamnejšie publikčné výstupy:	

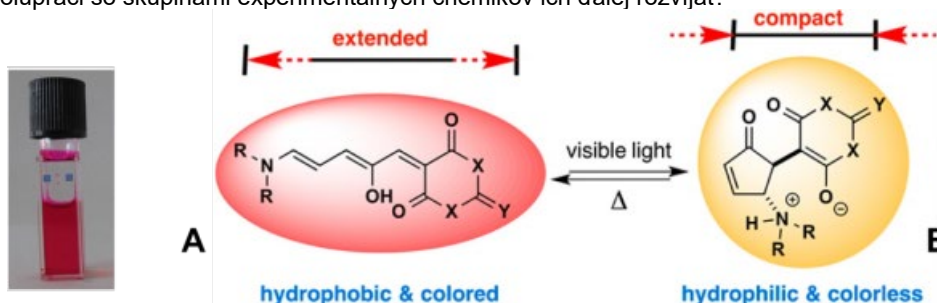
- [1] Ab initio calculations of free energy of activation at multiple electronic structure levels made affordable: An effective combination of perturbation theory and machine learning, T. Bučko, M. Gešvandtnerová, D. Rocca, J. Chem. Theory Comput. 16, 6049–6060 (2020).
- [2] Dynamic features of transition states for β -scission reactions of alkenes over acid zeolites revealed by AIMD simulations, J. Rey, C. Bignaud, P. Raybaud, T. Bučko, C. Chizallet, Angew. Chem. Int. Ed. 59, 18938 (2020).
- [3] Understanding the structure-band gap relationship in SrZrS₃ at elevated temperatures: a detailed NPT MD study, N. Jaykhedkar, R. Bystrický, M. Sýkora, T. Bučko, J. Materials Chem. C 10 (33), 12032–12042 (2022).

Vedúci skupiny:	doc. RNDr. Miroslav Medveď, PhD.
Kontakt:	miroslav.medved@umb.sk
Požiadavka pre budúce projekty:	20 000 000 core-hours
Predmet výskumu:	Štúdium fotochemických procesov

1. Štúdium fotochemických procesov / medzinárodná spolupráca (University of Nantes, FR; University of Groningen, NL; University of Amsterdam, NL; Palacky University in Olomouc, CZ; a mnohé ďalšie)

Niektoré molekuly, tzv. fluorofóry, sú schopné po ožiarení UV svetlom vyžiariť fotón vo viditeľnej oblasti spektra. V súčasnosti prebieha intenzívny vývoj takýchto fluorescenčných molekúl. Jednou z ich aplikácií je zviditeľňovanie istých druhov molekulárnych cieľov v bunkách: fluorescenčný senzor sa naviaže na cieľovú molekulu, pričom sa dá sledovať jej pohyb v bunke alebo výskyt v tkanive. Aktuálnou priemyselnou aplikáciou sú obrazovky typu OLED (Organic Light-Emitting Diode), kde sú obraz vyžarujúcim prvkom práve fluorescenčné molekuly rôznej farby. Vďaka počítačovej chémii vieme predpovedať a vysvetliť správanie molekúl v excitovaných stavoch a tak napomôcť pri výskume v tejto oblasti.

Druhou témou v oblasti fotochémie je štúdium fotochrómnych látok, tzv. fotoprepínačov. Fotoprepínače sú látky, ktoré reagujú na svetlo výraznou zmenou svojich vlastností. Jedným z najznámejších je azobenzén, ktorý možno prepínať medzi cis a trans formou pomocou svetla vhodnej vlnovej dĺžky. Postupné pochopenie mechanizmov, akými tieto molekuly fungujú, viedlo ku konštrukcii molekulárnych motorov, či nosičov, ktoré dopravia liečivo na isté miesto v organizme a „vyložia“ ho až na vonkajší podnet. Pre biologické a medicínske aplikácie sú zaujímavé predovšetkým fotoprepínače s výrazným posunom absorpčného maxima pri izomerizácii pracujúce vo viditeľnej oblasti vlnových dĺžok. V tomto kontexte sa ukázala byť veľmi sľubnou skupina látok známa ako donorno-akceptorové Stenhouseve adukty (DASAs) pripravená v roku 2014 v skupine Read de Alaniza (obr.1). Na štúdiu fotoprepínacieho mechanizmu DASAs sme sa podieľali aj na našom pracovisku. Iný smer vývoja sa snaží o vytvorenie molekulárnych štruktúr, ktoré by kodovali informáciu práve vo forme rôznych stavov fotoprepínačov. Vďaka počítačovej chémii vieme nahliadnuť do niektorých aspektov fungovania týchto molekúl a v spolupráci so skupinami experimentálnych chemikov ich ďalej rozvíjať.



Obrázok 1. Zmena štruktúry DASA molekuly pri ožiarení viditeľným svetlom vedie okrem iného k zmene farby a vodoodpudivosti.

2. Relativistická chémia / medzinárodná spolupráca (University of Nantes, FR;)

V našej skupine sa venujeme i relativistickým kvantovochemickým výpočtom, kde využívame vedecký softvér DIRAC, www.diracprogram.org, ktorého spoluautorom je Doc. Iľaš. Ním dokážeme spočítať napríklad molekulové vlastnosti karbonylových komplexov superťažkých prvkov (<https://doi.org/10.1063/1.5055066>). Takéto komplexy vznikajú v spomaľovacej komore urýchľovača

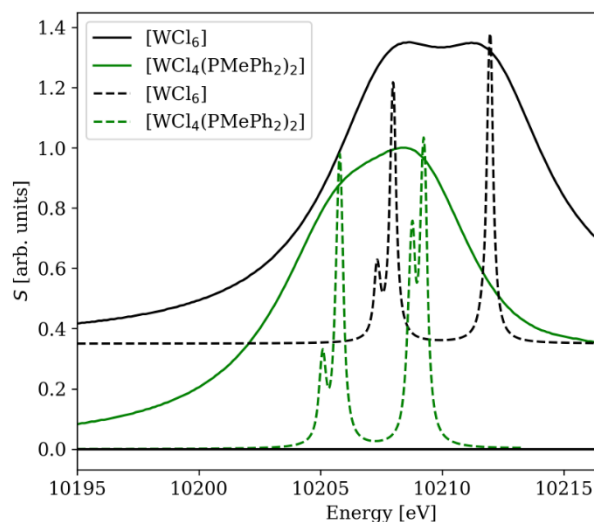
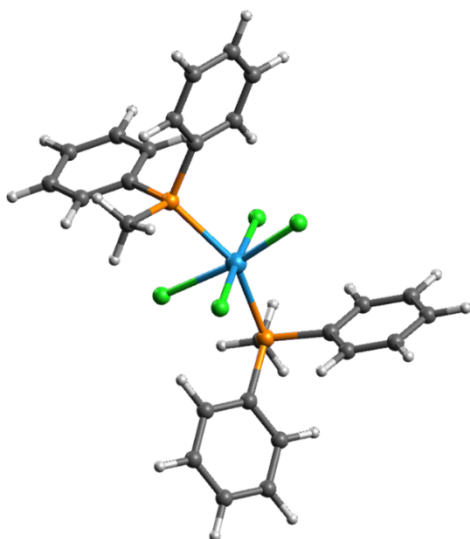
častíc, kde po jadrovej fúzii vzniknúvšie ťažké a supertiažké kovy sa "obaľujú" molekulami ligandov a tieto komplexy sa detekujú ďalšími metódami.
Vysvetlenie požiadavky na HPC kapacitu:
Na realizáciu takýchto projektov bude potrebná kapacita aspoň 20 000 000 core-hours.
Kapacity využívané/žiadané v zahraničí:
-
3 najvýznamnejšie publikčné výstupy:
[1] BUDZÁK, Šimon - JACQUEMIN, Denis. Mechanism of fluorescence switching in one ESIPT- based Al^{3+} probe. In <i>Journal of physical chemistry B</i> , 2016, vol. 120, no. 27, pp. 6730-6738. [2] HEYER, Elodie - BENELHADJ, Karima - BUDZÁK, Šimon - JACQUEMIN, Denis - MASSUE, Julien - ULRICH, Gilles. On the fine-tuning of the excited-state intramolecular proton transfer (ESIPT) process in 2-(2'-hydroxybenzofuran)benzazole (HBBX) dyes. In <i>Chemistry - A European Journal</i> , 2017, vol. 23, no. 30, pp. 7324-7336. [3] BUDZÁK, Šimon - SCALMANI, Giovanni - JACQUEMIN, Denis. Accurate excited-state geometries: a CASPT2 and coupled-cluster reference database for small molecules. In <i>Journal of chemical theory and computation</i> , 2017, vol. 13, no. 12, pp. 6237-6252. [4] DI DONATO, Mariangela - LERCH, Michael M. - LAPINI, Andrea - LAURENT, Adèle D. - IAGATTI, Alessandro - BUSSOTTI, Laura - IHRIG, Svante P. - MEDVEĎ, Miroslav - JACQUEMIN, Denis - SZYMAŃSKI, Wiktor - BUMA, Wybren Jan - FOGGI, Paolo - FERLINGA, Ben L. Shedding light on the photoisomerization pathway of donor-acceptor Stenhouse adducts. In <i>Journal of the American Chemical Society</i> , 2017, vol. 139, no. 44, pp. 15596-15599. [5] GURKE, Johannes - BUDZÁK, Šimon - SCHMIDT, Bernd M. - JACQUEMIN, Denis - HECHT, Stefan. Efficient light-induced pK(a) modulation coupled to base-catalyzed photochromism. In <i>Angewandte chemie</i> , 2018, vol. 57, no. 17, pp. 4797-4801.

Vedúci skupiny:	Prof. Ing. Vladimír Lukeš, DrSc. (FCHPT STU)
Kontakt:	martin.breza@stuba.sk
Požiadavka pre budúce projekty:	50 000 000 core-hours
Predmet výskumu:	Elektrónová štruktúra komplexov kovov s "non-innocent" ligandami ako kľúč k interpretácii a predikcii ich vlastností
Kvantovo-chemické štúdium geometrie a elektrónovej štruktúry "non-innocent" ligandov a ich komplexov s kovmi v plynnej a kondenzovanej fáze. Interpretácia a predikcia fyzikálnych a chemických vlastností týchto zlúčenín založená na ich elektrónovej štruktúre za účelom objasnenia katalytických dejov. Štúdium porúch geometrie a elektrónovej štruktúry v dôsledku vnútorných faktorov (efekt Jahn-Tellera, relativistické efekty atď.) a faktorov okolia (vplyvy rozpúšťadla a tuhej fázy). Vývoj a testovanie metódy na odhad antioxidačnej účinnosti na báze kvantovo-chemických výpočtov. Vývoj relativistických prístupov.	
Kapacity využívané/žiadané v zahraničí:	
Vienna Scientific Cluster – v súčasnosti mám nárok len na tzv. testovací projekt	
Vysvetlenie požiadavky na HPC kapacitu:	
Prechod od DFT výpočtov k presnejším post-HF výpočtom (CASSCF, NEVPT2 a pod.) študovaných molekúl si bude vyžadovať cca 50 M core-hours.	
3 najvýznamnejšie publikčné výstupy:	
[1] Ab initio calculations of free energy of activation at multiple electronic structure levels made affordable: An effective combination of perturbation theory and machine learning, T. Bučko, M. Gešvandtnerová, D. Rocca, J. Chem. Theory Comput. 16, 6049–6060 (2020). [2] Dynamic features of transition states for β -scission reactions of alkenes over acid zeolites revealed by AIMD simulations, J. Rey, C. Bignaud, P. Raybaud, T. Bučko, C. Chizallet, Angew. Chem. Int. Ed. 59, 18938 (2020). [3] Understanding the structure-band gap relationship in SrZrS ₃ at elevated temperatures: a detailed NPT MD study, N. Jaykhedkar, R. Bystrický, M. Sýkora, T. Bučko, J. Materials Chem. C 10 (33), 12032-12042 (2022).	
Kontakt:	lukas.bucinsky@stuba.sk
Požiadavka pre budúce projekty:	50 000 000 core-hours

Predmet výskumu:	Súčinnosť prístupov teoretickej chémie a experimentu pri vývoji liečiv.
Syntéza nových zlúčenín s potenciálom protivírusovej aktivity k inhibícii vírusu SARS-CoV-2 je základným cieľom projektu. Budú pripravené nové nukleozidové analógy napodobňujúce acyklický zvyšok na imidazolovej / triazolovej časti molekuly, rovnako ako adamantyl-substituované analógy a heterocyklické chlórachínové analógy s potenciálom protivírusovej aktivity. Afinita vybraných zlúčenín prvej generácie k inhibícii štruktúr vírusu SARS-CoV-2 bude vopred otestovaná molekulovým dokovaním. Molekulové dokovanie sa ďalej použije na návrh nových štruktúr s vyššou afinitou k vírusu SARS-CoV-2 pre syntézu zlúčenín druhej generácie. Výsledky molekulového dokovania budú súčasťou tréningu neurónových sietí, ktoré budú následne tiež zahrnuté do predikcie afinity študovaných látok k inhibícii vírusu SARS-CoV-2 a do predikcie bioaktivity študovaných komplexov prechodných kovov s biologicky aktívnymi ligandmi. Zameriame sa na prípravu a charakterizáciu komplexov Cu, Mn a Fe s ultifunkčnými ligandmi, ktoré môžu prechádzať biologickými membránami a sprostredkovať požadovaný biologický účinok. Modulácia procesov zodpovedných za produkciu / elimináciu voľných radikálov (t. j. reaktívnych foriem kyslíka, ROS) bude zameraná na riadenie redoxného cyklovania v komplexe liečiva s kovom a ich antioxidačnej a prooxidačnej aktivity. Táto štúdia sa opiera o EPR, UV-vis spektroskopie, DNA testov a zahŕňa priamu koreláciu s výpočtami založenými na DFT (vrátane ab initio) výpočtoch. Zameriame sa tiež na priame stanovenie experimentálnej elektrónovej hustoty účinných látok s cieľom nájsť koreláciu: elektrónová štruktúra - biologické vlastnosti, teda „drug design“.	
Kapacity využívané/žiadané v zahraničí:	
-	
Vysvetlenie požiadavky na HPC kapacity:	
Prechod od DFT výpočtov k presnejším post-HF výpočtom (CASSCF, NEVPT2 a pod.) študovaných molekúl si bude vyžadovať cca 50 M core-hours.	
3 najvýznamnejšie publikčné výstupy:	
[1] Orlowska, Ewelina; Babak, Maria V.; Domotor, Orsolya; Enyedy, Eva A.; Raptá, Peter; Zalibera, Michal; Bucinsky, Lukas; Malcek, Michal; Govind, Chinju; Karunakaran, Venugopal; Farid, Yusuf; Chouthury Shaik; McDonnell, Tara E.; Luneau, Dominique; Schaniel, Dominik; Ang, Wee Han; Arion, Vladimir B.: NO Releasing and Anticancer Properties of Octahedral Ruthenium-Nitrosyl Complexes with Equatorial 1H-Indazole Ligands, INORGANIC CHEMISTRY 57(17), 10702-10717 (2018) [2] Genoni, Alessandro; Bucinsky, Lukas; Claiser, Nicolas; Contreras-Garcia, Julia; Dittrich, Birger; Dominiak, Paulina M.; Espinosa, Enrique; Gatti, Carlo; Giannozzi, Paolo; Gillet, Jean-Michel; Jayatilaka, Dylan; Macchi, Piero; Madsen, Anders O.; Massa, Lou; Matta, Cherif F.; Merz, Kenneth; Nakashima, Philip N. H.; Ott, Holger; Ryde, Ulf; Schwarz, Karlheinz; Sierka, Marek; Grabowsky, Simon: Quantum Crystallography: Current Developments and Future Perspectives, CHEMISTRY-A EUROPEAN JOURNAL 24, 10881-10905 (2018) [3] Bucinsky, Lukas; Jayatilaka, Dylan; Grabowsky, Simon: Importance of Relativistic Effects and Electron Correlation in Structure Factors and Electron Density of Diphenyl Mercury and Triphenyl Bismuth, JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY A 120(33), 6650-6669 (2016).	

Vedúci skupiny:	Mgr. Stanislav Komorovský, PhD.
Kontakt:	stanislav.komorovsky@savba.sk
Požiadavka pre budúce projekty:	20 000 000 core-hours
Predmet výskumu:	Vývoj a implementácia relativistických metód určených na výpočet spektroskopických parametrov molekúl obsahujúcich ťažké prvky. Presná predpoveď spektroskopických parametrov: NMR, EPR, UV-vis, X-ray, ECD, a iné.
V našej skupine vyvíjame vlastný programový balík ReSpect (respectprogram.org). Typický postup výskumnej práce je najprv navrhnutie novej teoretickej metódy, potom nasleduje jej naprogramovanie, otestovanie, a porovnanie s existujúcimi metódami, a na záver ju použijeme na reálne chemické problémy. Keďže sa zameriavame na molekuly obsahujúce ťažké prvky, je nevyhnutné presné zahrnutie relativistických efektov. Zameriavame sa preto na vývoj veľmi presných, ale zato výpočtovo náročných metód, ako aj na vývoj výpočtovo lacnejších metód s čo najmenšou stratou ich presnosti. Aby sme ale presvedčili vedeckú komunitu o presnosti nových výpočtovo lacnejších metód, musíme v publikáciách porovnať obe triedy metód.	

V spolupráci s našimi partnermi v zahraničí využívame náš program ReSpect pri výskume v chémii ťažkých prvkov: napríklad. dizajn nových liekov proti rakovine, spracovanie jadrového odpadu, určovanie štruktúry proteínov, či hľadanie nových katalyzátorov. Hlavní autori ReSpect programu pôsobia na Slovensku (Stanislav Komorovský a Michal Repiský). Mladý vedecký pracovník, ktorý zásadným spôsobom prispievajú do vývoja pôsobia v Nórsku, v Nemecku a USA.



Vysvetlenie požiadavky na HPC kapacity:

Pri implementovaní našich metód používame hybridnú paralelizáciu techniku MPI/OpenMP. Umožňuje nám to efektívne využitie do 1000 jadier pri jednom výpočte.

Na obrázku je príklad drahého výpočtu X-ray spektier molekuly ktorá obsahuje v strede ťažký element (Volfrám). Výpočet jednej zelenej krivky vyžadovalo približne 700 000 core-hodín (išlo 4 nezávislé výpočty, pričom každý výpočet trval približne 7 dní na 8 nódoch po 128 jadrách = $4 \times 7 \times 24 \times 8 \times 128 = 688\,128$). Na publikáciu v ktorej sa nachádzal tento výpočet sme potrebovali 5 miliónov core-hodín [1]. Využili sme zahraničné HPC kapacity v Nórsku. Bežne nám bežia naraz dva/tri podobne výpočtové náročné projekty (v roku 2022 to boli publikácie [1] a [3]). Keďže nemáme dostupné domáce HPC kapacity musíme všetky podobné projekty riešiť v spolupráci so zahraničnými partnermi (napríklad publikácie [1] a [2]). V blízkej budúcnosti sa tiež chceme zamerať na výpočty v tuhých látkach (bežia nám tri projekty, dva v zahraničí a jeden na Slovensku), ktoré sú výpočtovo ešte náročnejšie. Preto sme žiadali viac ako 10 miliónov core-hodín.

Kapacity využívané/žiadané v zahraničí:

Nórsko: UNINETT Sigma2, the National Infrastructure for High Performance Computing and Data Storage in Norway (Grant No. NN4654K).

Česká republika: MEYS CR the Large Infrastructures for Research, Experimental Development and Innovations project "e-Infrastructure CZ"-LM2018140.

3 najvýznamnejšie publikčné výstupy:

- [1] [Inorg. Chem. 2022, 61, 830](#)
- [2] [Inorg. Chem. 2021, 60, 9368](#)
- [3] [J. Chem. Phys. 2022, 157, 164114](#)

Vedúci skupiny:	Doc. RNDr. Miroslav Iliáš, PhD.
Kontakt:	miroslav.ilias@umb.sk
Požiadavka pre budúce projekty:	50 000 000 core-hours
Predmet výskumu:	Výpočty adsorpčných vlastností supertiažkých prvkov na vybrané povrchy

Experimentálne syntézy superťažkých prvkov sú postavené na báze ostreľovania terčov z určeného materiálu urýchlennými nabitými časticami vybraných iónov. Experimenty tohto druhu, vykonávané na špecializovaných pracoviskách ako napríklad JINR Dubna pri Moskve, alebo GSI Darmstadt, vedú k vzniku nových atómov i superťažkých prvkov, ktoré majú krátke časy rozpadu. Napriek tomu sa experimentálnymi metódami dajú získať odhady adsorpčných entalpií zosyntetizovaných prvkov na povrchy detektorov, ktoré je potrebné spresniť.

A tu nastupujú metódy teoretickej chémie. Výpočty adsorpčných energií adsorbentov v podobe ťažkých atómov či jednoduchých molekúl ťažkých a superťažkých prvkov na pravidelné povrchy patria medzi bežné postupy tzv. periodických DFT metód. V práci [1] sme počítali o.i. adsorpčné energie superťažkého prvku Mc a jeho ľahšieho homologu na povrchy zlata a hydroxylovaného kremena, ktoré sú neoddeliteľnou súčasťou detektorov v experimentálnych zostavách. V ďalšej našej práci [2] sme sa zamerali na adsorpcie prvkov M a molekúl MOH (M=Nh, Tl) na rôzne druhy povrchov kremena. V práci [3] sme študovali adsorpciu superťažkých prvkov Cn, Fl a ich oxidov na povrchoch zlata a hydroxylovaného kremena.

V zmienených prácach [1,2,3] sme použili komerčný (host-locked) program AMS BAND z dielne www.scm.com, ktorý je postavený na ZORA relativistických Hamiltoniánoch a Slaterových bázach periodických atómových orbitálov.

Ukazuje sa na, že na výpočty tohto druhu je vhodný aj otvorený softvér Quantum Espresso (ďalej QE) (<https://www.quantum-espresso.org/>), založený na tzv. rovinných vlnách a pseudopotenciáloch.

Program QE okrem výbornej paralelizácie umožňuje počítanie aj na GPU procesoroch.

Vysvetlenie požiadavky na HPC kapacitu:

Pre výpočtové úlohy na projektoch upresňujeme požadovanú kapacitu **rádovo na 50 M core-hours** a z zdôvodňujeme to škálovaním aplikácie na viac uzlov pre možnosťou realizovať viac výpočtov pre rôzne druhy adsorbentov ťažkých a superťažkých prvkov a ich jednoduchých molekúl (oxidy, hydroxidy) a pre rôzne povrchy, aké sa môžu vyskytnúť v experimentálnych detektoroch.

Kapacity využívané/žiadané v zahraničí:

HPC klaster Virgo na GSI Darmstadt, <https://hpc.gsi.de/virgo>

3 najvýznamnejšie publikčné výstupy:

[1] Valeria Pershina, Miroslav Iliaš, and Alexander Yakushev : Reactivity of the Superheavy Element 115, Mc, and Its Lighter Homologue, Bi, with Respect to Gold and Hydroxylated Quartz Surfaces from Periodic Relativistic DFT Calculations: A Comparison with Element 113, Nh; Inorganic Chemistry 2021 60 (13), 9796-9804; DOI: 10.1021/acs.inorgchem.1c01076 URL: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acs.inorgchem.1c01076>

[2] Miroslav Iliaš and Valeria Pershina: Reactivity of Group 13 Elements Tl and Element 113, Nh, and of Their Hydroxides with Respect to Various Quartz Surfaces from Periodic Relativistic DFT Calculations; Inorganic Chemistry 2022 61 (40), 15910-15920; DOI: 10.1021/acs.inorgchem.2c02103; URL: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.inorgchem.2c02103>

[3] Valeria Pershina, Miroslav Iliaš : Reactivity of superheavy elements Cn and Fl and of their oxides in comparison with homologous species of Hg and Pb, respectively, towards gold and hydroxylated quartz surfaces ; Dalton Trans., 2022,51, 7321-7332 ; URL: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2022/dt/d2dt00240j>

Vedúci skupiny:	Prof. Ing. Ivan Štich, DrSc.
Kontakt:	ivan.stich@savba.sk
Požiadavka pre budúce projekty:	40 000 000 core-hours
Predmet výskumu:	1. Bezkontaktná atomárna silová mikroskopia 2. Nantribológia – trenie na nanoškále 3. Vlastnosti 2D materiálov
1. Bezkontaktná atomárna silová mikroskopia (AFM) / Spolupráca s Univerzitou v Osake AFM je experimentálna metóda, ktorá umožňuje zobrazovanie povrchov tuhých látok s atomárnou, v ojedinelých prípadoch subatomárnou, rozlišovacou schopnosťou, nanomanipuláciu atómov a molekúl na povrchoch a ktorá v niektorých prípadoch má aj chemickú rozlišovaciu schopnosť, t.j. umožňuje z meraní určiť aký druh atómu sa nachádza pod hrotom mikroskopu. Všetky tieto schopnosti AFM metóda odvodzuje od sily pôsobiacej medzi hrotom mikroskopu a vzorkou. Numerické simulácie AFM experimentov obvykle umožňujú odhad apexu hrotu, t.j. atómu, ktorým je hrot ukončený a ktorý povrch mapuje s atomárnou rozlišovacou schopnosťou alebo odhad vzdialenosti apexu hrotu od povrchu vzorky, ktoré oboje nie je možné určiť priamo len z experimentov.	

V roku 2017 sme v spolupráci o skupinou v Osake po prvýkrát ukázali ako je možné pomocou AFM metód zmerať vektorové veličiny akými sú napr. sily pôsobiace medzi hrotom AFM mikroskopu a vzorkou, dipólové alebo magnetické momenty, ktoré sa doposiaľ obvykle aproximovali z-tovou zložkou vektorovej veličiny. Príkladom je vektorové pole síl nad dimérmí germánia na povrchu Ge(001) c(4 × 2) zmerané v ultra vysokom vákuu pri teplotách kvapalného dusíku [1]. V širšom kontexte predpokladáme, že znalosť rozloženia síl nad povrchom na atomárnej škále, vertikálnych ako aj laterálnych, **otvorí nové okno na pochopenie morfológie povrchov,** ich chemické zloženie a reakcie na povrchoch, skúmanie nanoštruktúr pomocou atomárnej a molekulárnej manipulácie a **porozumenie správania sa nano-strojov na povrchoch.**

2. Nantribológia – trenie na nanoškále / Spolupráca s Univerzitou v Giessen, SRN

Ďalším príkladom ako numerické simulácie môžu pomôcť porozumeniu a interpretácii experimentov, tentokrát AFM v tzv. kontaktnom móde, je projekt nantribológie, t.j. trenia na nanoškále, na ktorom sme spolupracovali so skupinou prof. Schirmeisena na Univerzite v Giessen, SRN. Na rozdiel od makrosvetu, kde povrchy v kontakte vždy vykazujú trenie, v nanosvete je za určitých podmienok možné realizovať stavy, v ktorých sa povrchy nanočastíc môžu po sebe kĺzať bez merateľného trenia a vykazovať tzv. superlubricitu [2]. Na pochopenie za akých podmienok sa môže v nanosvete realizovať stav superlubricity sme porovnávali trenie masívnych nanočastíc antimónu na grafit (HOPG) a MoS₂ v ultra vysokom vákuu, pričom obidva povrchy sú si podobné a sú tzv. „mazadlá“. **Naša štúdia bola prvou ukážkou ako vlastnosti nanokontaktov ovplyvňujú tribologické vlastnosti na nanoškále [2].** Je zrejmé, že rovnaké kritéria pre superlubricitu platia aj v iných systémoch, čo je tiež jedna z príčin, prečo superlubricita predstavuje skôr výnimočné ako bežné správanie. Je tiež zrejmé, že **poznatie superlubricity na nanoškále je nutnou podmienkou pre praktické využitie tohto javu.**

3. Vlastnosti 2D materiálov

Tretím príkladom nášho súčasného výskumu sú elektronické a fotonické vlastnosti 2D materiálov. Po udelení Nobelovej ceny za fyziku v r. 2010 Geimovi a Novoselovovi za objav unikátnych vlastností grafénu (2D analóg grafitu), **sú momentálne 2D materiály jednou z najhorúcejších tém.** Elektronické vlastnosti 2D materiálov siahajú od kovových vrstiev paládia a ródia, cez polokovový grafén, polovodiče s rôznou šírkou zakázaného pásu, ako napr. silicén, fosforén a dichalkogenidy prechodových kovov až po izolant h-BN, pričom aplikácie najdôležitejšie sú 2D materiály, ktoré vykazujú zakázaný pás energií. Šírky zakázaných pásov, ktoré sú kľúčové pre aplikácie v elektronike je možné ďalej ovplyvňovať počtom vrstiev, ťahom, chemickými prímiesami a uložením do dielektrického prostredia substrátu a krycej vrstvy. Ukazuje sa však, že napr. **zmerať s dostatočnou presnosťou šírky zakázaných pásov týchto 2D materiálov je technický problém.**

Rozhodli sme sa preto, v spolupráci s prof. Fabianom z Univerzity v Regensburgu a prof. Mitasom z North Carolina State Univerzity, pre úplne inú paradigmu modelovania a presnosti a šírku zakázaného pásu jednovrstvového fosforénu sme spočítali mnohočasticovými stochastickými metódami kvantového Monte Carla [3]. Metódy kvantového Monte Carla patria k tým najpresnejším metódam na výpočet elektrónovej štruktúry. **Nami spočítaná hodnota je zrejme najpresnejším odhadom šírky zakázaného pásu v 2D materiáli a predstavuje zrejme unikátny prípad, kedy je spočítaná hodnota presnejšia ako experimentálne nameraná.** Opačnou stranou mince je cena za toto číslo. Na spočítanie energií na obrázku vyššie sme potrebovali asi **30 miliónov core hours**, čo predstavuje zhruba ročný numerický výkon slovenského superpočítača AUREL a ukazuje, že cena poznania je vždy vysoká. Táto cena je však vyvážená ultimátnym poznaním a porozumením a vnesením svetla do presnosti experimentálnych meraní a teoretických metód. Tento výpočtový model v súčasnosti aplikujeme aj na ďalšie 2D materiály a 2D materiály pod vplyvom ťahu.

Vysvetlenie požiadavky na HPC kapacity:

Výskumná skupina prof. Šticha je súčasťou TREX Centre of excellence, ktoré sa zaoberá vývojom softvérových nástrojov založených na Quantum Monte Carlo metóde, ktorá je perspektívna pre využitie výpočtovej sily exascale superpočítačov. Výskum nových materiálov takýmito metódami je výpočtovo náročný, podobne ako je uvedené pri tretej oblasti výskumu vyššie. Pre budúce projekty perspektívne využijeme 40M core-hours.

Kapacity využívané/žiadané v zahraničí:

Netherlands - Snellius – vyše 5M core-hours

3 najvýznamnejšie publikčné výstupy:

[1] Y. Naitoh, R. Turanský, J. Brndiar, Y.J. Li, I. Štich, and Y. Sugawara. Subatomic-scale force vector mapping above a Ge(001) dimer using bimodal atomic force microscopy, Nat. Phys. 13, 663 (2017).

- [2] D. Dietzel, J. Brndiar, I. Štich, and A. Schirmeisen. Limitations of Structural Superlubricity: Chemical Bonds versus Contact Size, ACS Nano 11, 7642 (2017).
 [3] T. Frank, R. Derian, K. Tokar, L. Mitas, J. Fabian, I. Štich. Many-body quantum Monte Carlo study of 2D materials: cohesion and band gap in single-layer phosphorene, Phys. Rev. X 9, 011018 (2019).

Vedúci skupiny:	Prof. Ing. Roman Martoňák, DrSc.
Kontakt:	martonak@fmph.uniba.sk
Požiadavka pre budúce projekty:	10 000 000 core-hours
Predmet výskumu:	Skúmanie štruktúrnych fáz a fázových prechodov v kryštalických a amorfných materiáloch pri vysokých tlakoch
Pri vysokých tlakoch hmoty mení svoju štruktúru, pričom vznikajú nové fázy, ktoré môžu mať unikátne vlastnosti (napr. diamant alebo nedávno objavené hydridy supravodivé tesne pod izbovou teplotou). Teoretická predpoveď týchto fáz je v súčasnosti dobre zvládnutá, avšak oveľa menej rozumieme komplikovanej kinetike prechodov medzi štruktúrnymi fázami. Experimentálne je pritom známe, že pri štruktúrnych prechodoch často vznikajú metastabilné fázy. Pochopenie kinetiky a mechanizmov štruktúrnych transformácií je dôležité pre ich potenciálnu syntézu, nakoľko zďaleka nie všetky teoreticky predpovedané fázy vieme reálne pripraviť. V našej skupine sa dlhodobo zaoberáme simuláciami štruktúrnych transformácií, aj v spolupráci s experimentálnymi skupinami [1,2]. V poslednej dobe sme sa zamerali na skúmanie procesu nukleácie zárodkov novej fázy, pričom sme študovali modelový prechod B1/B2 v kuchynskej soli [3]. Podarilo sa nám zistiť, ako vyzerá nukleačné jadro a preskúmať závislosť bariéry voľnej energie a transformačného mechanizmu od veľkosti systému. Vypracovanú metodológiu založenú na metadynamike chceme použiť na skúmanie štruktúrnych transformácií v ďalších dôležitých systémoch. Nasledujúcim cieľom je systematicky preskúmať prechody v prítomnosti rozsiahlych defektov, akými sú napr. hranice zŕn a dislokácie, pričom na popis systému použijeme potenciály založené na strojovom učení. Nakoľko štúdium nukleácie vyžaduje veľké systémy rádu 10^5 - 10^6 atómov, a metadynamika potrebuje simulačné časy rádu 10 - 100 ns, nároky na strojový čas sú značné. Získané výsledky majú potenciál podstatným spôsobom prehĺbiť naše chápanie štruktúrnych transformácií a umožniť ich kontrolu pomocou externých parametrov, čo by umožnilo pokrok v syntéze nových fáz s unikátnymi vlastnosťami.	
Vysvetlenie požiadavky na HPC kapacity:	
Na základe doterajších skúseností možno odhadnúť požiadavky na strojový čas pre uvedený výskum cca na 5-10 Mcore-h, v závislosti od aktuálnej personálnej kapacity mojej skupiny prípadne aj viac. Takáto dotácia by umožnila preskúmať širšiu triedu zaujímavých systémov.	
Kapacity využívané/žiadané v zahraničí:	
Projekt ICEI-PRACE-2021-0004 s dotáciou 4 608 000 core-hours	
3 najvýznamnejšie publikčné výstupy:	
[1] Huichao Zhang, Ondrej Tóth, Xiao-Di Liu, Roberto Bini, Eugene Gregoryanz, Philip Dalladay-Simpson, Simone De Panfilis, Mario Santoro, Federico Aiaze Gorelli, and Roman Martoňák, PNAS 117, 8736–8742 (2020) [2] Jinwei Yan, Ondrej Tóth, Wan Xu, Xiao-Di Liu, Eugene Gregoryanz, Philip Dalladay-Simpson, Zeming Qi, Shiyu Xie, Federico Gorelli, Roman Martoňák, and Mario Santoro, J. Phys. Chem. Lett. 2021, 12, 7229–7235 [3] Matej Badin and Roman Martoňák, Phys. Rev. Lett. 127, 105701 (2021)	

Vedúci skupiny:	Ing. Eva Scholtzová, CSc.
Kontakt:	uacheva@savba.sk
Požiadavka pre budúce projekty:	10 000 000 core-hours
Predmet výskumu:	Výskum ílových minerálov a hybridných materiálov na ich báze
Ílové minerály, napr. montmorillonit, či kaolinit, ako aj hybridné materiály na ich báze nachádzajú čoraz väčšie uplatnenie v priemysle a vývoji nových pokročilých materiálov s presne definovanými fyzikálnochemickými vlastnosťami. Sú typické vrstevnatou štruktúrou, v ktorej sú navzájom pre-	

pojené siete tetraédrov (T) a oktaédrov (O) do vrstiev, či už spôsobom T-O alebo T-O-T. Ílové minerály majú v medzivrství anorganické katióny, častokrát hydratované, ktoré kompenzujú náboj vrstiev spôsobený izomorfnou substitúciou centrálnych katiónov v polyédroch jednotlivých vrstiev. Tieto anorganické katióny (napr. Na⁺, Ca²⁺) môžu byť nahradené organickými molekulami/katiónmi, ktoré sú často prítomné v pôde alebo odpadovej vode (napr. pesticídy, liečivá, katióny ťažkých kovov ap.) a zadržiavať ich vo svojej štruktúre pomocou tzv. výmennej reakcie katiónov.

Výskum a vývoj nových hybridných materiálov (organoílov) konvenčným spôsobom je často veľmi zdĺhavý proces, ktorý je navyše často aj finančne náročný. Nový materiál je nutné najskôr syntetizovať (drahé chemikálie, niekedy aj zdraviu vysoko škodlivé a vyžadujúce špeciálne zaobchádzanie) a následne otestovať jeho požadované fyzikálnochemické vlastnosti rôznymi experimentálnymi technikami (cena meracieho času, dostupnosť meraní, atď.).

Veľké množstvo materiálu, energie a financií pomáhajú ušetriť práve metódy teoretickej chémie a využitie HPC. Použitím modelov o stovkách, niekedy i tisíckach atómov je možné nasimulovať štruktúru nového materiálu a skúmať jeho fyzikálnochemické vlastnosti. Množstvo experimentov sa tak vo významnej miere môže redukovať a efektívnejšie navrhovať, čím sa dá dospieť k získaniu materiálu s cieľenými vlastnosťami v oveľa kratšom čase.

Využitím paralelného počítania na Aurelovi bolo možné napr. popísať mechanické vlastnosti graftedého kaolinitu metoxy skupinou, na základe ktorých sa zistilo, že je to perspektívny materiál pre prípravu polymérnych nanokompozitov. Prítomná metoxy- skupina v štruktúre kaolinitu zlepšuje exfoliačné vlastnosti kaolinitových vrstiev a tak sa tento organoíl (metoxy-kaolinit) lepšie rozptýli v polymérnej matrici ako samotný nemodifikovaný kaolinit. Takisto pomocou analýzy vypočítaných vibračných módov a porovnaním s experimentálne nameranými spektrami bolo možné zistiť, že bol nasyntetizovaný hybridný materiál, kde v medzivrství kaolinitu bola prítomná nielen graftedá metoxy skupina, ale aj interkalovaný metanol a voda, zrejme z prebytku metanolu pri syntéze organoílu a voda je v ílových mineráloch bežne prítomná. Výpočty ukázali, že ich prítomnosť v medzivrství dokonca vylepšila exfoliačné vlastnosti graftedého kaolinitu (cca + 15%).

Ďalej v oddelení keramiky skúmame:

- Elektrónová štruktúra ternárnych nitridov dopovaných lantanoidmi (VASP)
- High entropy alloys (HEC): výpočet mriežkových parametrov, diztorzie mriežky a teoretickej hustoty HEC štruktúr; výpočet konfiguračnej entropie a tzv. schopnosti prvkov tvoriť
- Výpočet mechanických vlastností (modul pružnosti, pevnosť) na báze simulácie šírenia sa trhliny na hraniciach zrn v materiáloch

Používame kvantovo chemické softvérové balíky: VASP, HSE06, Crystal17, a pod. a softvéry pre vizualizáciu a analýzu štruktúr: VESTA, KPLOT, ...

Vysvetlenie požiadavky na HPC kapacity:

Výpočtovú náročnosť pre takéto projekty do budúcnosti odhadujeme na 10M core-hours.

Kapacity využívané/žiadané v zahraničí:

-

3 najvýznamnejšie publikčné výstupy:

[1] JANKOVIČ, Ľuboš** – ŠKORŇA, Peter – MORENO RODRÍGUEZ, Daniel – SCHOLTZOVA, Eva – TUNEGA, Daniel. Preparation, characterization and adsorption properties of tetraalkylphosphonium organobeidellites. In Applied Clay Science, 2021, vol. 204, p. 105989-1-105989-10. (2020: 5.467 – IF, Q1 – JCR, 1.062 – SJR, Q1 – SJR, karentované – CCC). (2021 – Current Contents). ISSN 0169-1317. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.clay.2021.105989>

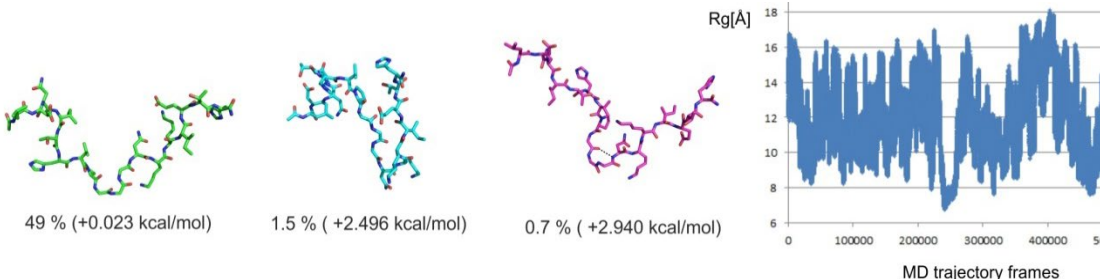
[2] GIANNI, Eleni** – MORENO RODRÍGUEZ, Daniel** – JANKOVIČ, Ľuboš – SCHOLTZOVA, Eva – POSPÍŠIL, Miroslav. How herbicides like atrazine and diuron interact with the spiral halloysite structure. In Journal of Environmental Chemical Engineering, 2022, vol. 10, no., p. 108785-1-108785-10. (2021: 7.968 – IF, Q1 – JCR, 1.042 – SJR, Q1 – SJR). ISSN 2213-3437. Dostupné na internete: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221334372201658X?via%3Dihub>

[3] ŠKORŇA, Peter** – JANKOVIČ, Ľuboš – SCHOLTZOVA, Eva – TUNEGA, Daniel. Hexavalent chromium adsorption by tetrahexylphosphonium modified beidellite clay. In Applied Clay Science, 2022, vol. 228, p. 106623-1-106623-8. (2021: 5.907 – IF, Q1 – JCR, 0.958 – SJR, Q1 – SJR). ISSN 0169-1317. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.clay.2022.106623>

Vedúci skupiny: Dr. Rostislav Škrabana, Dr. Ondrej Cehlár

Kontakt: rostislav.skrabana@savba.sk
ondrej.cehlar@savba.sk

Požiadavka pre budúce projekty: 1.9 M core-hours

Predmet výskumu:	Konformačné zákonitosti prirodzene neusporiadaných proteínov (PNP). Patologická premena fyziologických foriem proteínu tau pri neurodegeneračných ochoreniach.
1. Frekvencia a stabilita SPUR motívov u PNP Prirodzene neusporiadané proteíny zohrávajú kľúčové role vo fyziologických a patofyziologických procesoch. Ich konformačné správanie a interakčná kapacita je predmetom intenzívneho výskumu a predstavuje jeden z hlavných dosiaľ nie plne objasnených problémov proteínovej štruktúrnej biológie. Simulácie molekulovej dynamiky môžu napomôcť charakterizácii malých tzv. SPUR motívov, ktoré sme postulovali v našom predchádzajúcom výskume. V minulosti sme s pomocou superpočítača Aurel získali 1 μs simulácie šiestich neusporiadaných peptidov proteínu tau asociovaného s Alzheimerovou chorobou a identifikovali SPUR motívy.  Obr 1: Reprezentatívne konformácie klastrov a ich percentuálne zastúpenie v 300 ns simulácii tau peptidu ³⁵⁷LDNITHVPGGGNKKIETH³⁷⁴ z rozhrania 3. a 4. repetitívnej oblasti tau proteínu. Graf znázorňuje priebeh polomeru gyrácie (Rg) v priebehu simulácie, kde možno pozorovať vznik rôznych konformácií. 2. Konformačné vlastnosti prirodzene neusporiadaného proteínu tau Prirodzene neusporiadaný proteín tau zohráva úlohu v patogenéze Alzheimerovej choroby a iných neurodegeneratívnych tauopátií, kde podlieha konformačnej zmene z fyziologického flexibilného stavu na rigidné vlákna so štruktúrou špecifickou pre danú chorobu. Simulácie molekulovej dynamiky môžu napomôcť tak pri charakterizácii prirodzených konformácií tau proteínu ako aj pri odhaľovaní príčin patologických zmien konformácie vedúcich ku vzniku vlákien pri neurodegeneratívnych tauopátiach, pri ktorých pravdepodobne vznikajú prechodné patologicky pozmenené konformácie a nestabilné oligoméry tau proteínu. 6 izoformiem tau proteínu vyskytujúcich sa v mozgu má dĺžku v rozsahu 352-441 aminokyselín. Molekulu tau proteínu možno rozdeliť na N koncovú projekčnú doménu, prolínovú doménu, mikrotubuly viažucu repetitívnu doménu s tromi alebo štyrmi repetitívnymi oblasťami a C-koncovú doménu. V minulosti sme s pomocou superpočítača Aurel získali 1 μs simulácie dvoch 8 aminokyselinových tau peptidov z prolínovej oblasti (tau 218-225 a mutanát T220A) a 300 ns simulácie štyroch tau peptidov z mikrotubuly viažucej repetitívnej oblasti. 3. <i>In silico</i> skríning inhibítorov patologickej agregácie tau proteínu	
Vysvetlenie požiadavky na HPC kapacitu:	
Pre zistenie konformačných vlastností SPUR motívov predpokladáme využitie približne 1M core-hours pre simulácie molekulovej dynamiky s využitím programov NAMD alebo Gromacs.	
Pre zistenie konformačných vlastností tau peptidov a tau proteínov predpokladáme využitie približne 400 000 core-hours pre simulácie molekulovej dynamiky s využitím programov NAMD alebo Gromacs.	
Pre skríňovanie malých molekúl predpokladáme ďalších 0,5M core-hours.	
Kapacity využívané/žiadané v zahraničí:	
-	
3 najvýznamnejšie publikčné výstupy:	
[1] Cehlar, O., Skrabana, R. & Novak, M. Conformational biases of tau protein's microtubule binding repeat regions. Eur Biophys J Biophys 46, S394-S394 (2017)	

Vedúci skupiny:	Mgr. Pavol Gajdoš, PhD. Doc. Štefan Parimucha, PhD.
Kontakt:	pavol.gajdos@upjs.sk
Požiadavka pre budúce projekty:	10 000 000 core-hours
Predmet výskumu:	Dynamika exoplanetárnych sústav
Priklad: V súčasnosti je známych viac ako 5000 extrasolárnych planét (exoplanét) z nich sa približne 40% nachádza v sústave spolu s ďalšími známymi exoplanétami. Navyše môžeme predpokladať, že takmer všetky planéty sa nachádzajú vo viacplanetárnych sústavách, ale súčasná pozorovacia technika ich nie je schopná detegovať. Medzi planétami v takýchto sústavách dochádza k vzájomným gravitačným interakciám, ktoré môžu mať zásadný vplyv na dynamiku a stabilitu celej sústavy. Vhodné orbitálne rezonancie medzi planétami môžu spôsobiť výrazné stabilizovanie ich obežných dráh. Na druhej strane môže dôjsť aj k deštruktívnym javom – zrážka planét, vyhodenie planéty zo sústavy a pod. Na štúdium takýchto javov sú nevyhnutné simulácie planetárnej dynamiky na dlhých časových škálach vyžadujúce výraznú výpočtovú kapacitu. A to jednak vo forme dlhotrvajúcich výpočtov ako aj veľkého počtu CPU jadier (v závislosti od konkrétnej riešenej úlohy). Dynamická analýza exoplanetárnych sústav je veľmi potrebný (a v súčasnosti aj čoraz viac využívaný) doplnok k výsledkom získaným na základe pozorovaní daných sústav ďalekohľadmi (fotometria tranzitov alebo spektroskopické meranie radiálnych rýchlostí). Ukazuje sa totiž, že parametre planét, ktoré najlepšie zodpovedajú pozorovaniam, nemusia vždy úplne zodpovedať realite. Problémom je to, že sústava by bola výrazne nestabilná a za veľmi krátku dobu by sa rozpadla. Nič také sa ale v skutočnosti nedeje. Kombináciou pozorovacích dát a skúmania dynamiky je možné získať sadu parametrov, ktoré súhlasia s pozorovaniami a pri ktorých je sústava dlhodobo stabilná. Ďalším prínos planetárnej dynamiky pre astronomické pozorovania je identifikácia stabilných oblastí v sústavách, kde by sa hypoteticky mohli nachádzať nové, zatiaľ neobjavené planéty. Následne je možné sa na tieto oblasti zamerať pri ďalších pozorovaniach alebo cielene hľadať takéto planéty v starších dátach. V takomto prípade môžu byť nápomocné aj moderné metódy využívajúce umelú inteligenciu a machine-learning algoritmy. Pri realizácii podobnej štúdie je potrebné simulovať veľké množstvo (rádovo stotisíce až milióny) planetárnych sústav s rôznymi hodnotami parametrov planét, čím získame tzv. mapy stability pre skúmanú sústavu.	
Vysvetlenie požiadavky na HPC kapacity:	
Požadovaná výpočtová kapacita by bola na úrovni 10 M core-hours v závislosti na rýchlosti samotných CPU. Simulácie dynamiky planetárnych sústav prebiehajú na škálach aj rádovo miliardy rokov. Na dosiahnutie presných výsledkov je však potrebný veľmi malý integračný krok – zlomky dňa. To dáva približne 10^{15} potrebných iterácií pre jednu planetárnu sústavu. Využitím väčšej výpočtovej kapacity by bolo možné simulovať dynamiku sústavy na dlhších časových škálach s menším výpočtovým krokom, čo by umožnilo študovať aj menej výrazné javy.	
Kapacity využívané/žiadané v zahraničí:	
-	
3 najvýznamnejšie publikčné výstupy:	
[1] Gajdoš, P., & Vaňko, M.: Chaos in multiplanetary extrasolar systems, MNRAS (2022), accepted. [2] Gajdoš, P., Vaňko, M., Jakubík, M., et al.: WASP-92, WASP-93, and WASP-118: transit timing variations and long-term stability of the systems, MNRAS (2019), 485, 3580. [3] Gajdoš, P., Vaňko, M., Pribulla, T., et al.: Transit timing variations, radial velocities, and long-term dynamical stability of the system Kepler-410, MNRAS (2019), 484, 4352.	

Vedúci skupiny:	RNDr Marek Mihalkovič, CSc.
Kontakt:	mihalkovic@savba.sk
Požiadavka pre budúce projekty:	10 000 000 core-hours
Predmet výskumu:	Modelovanie a predpoveď štruktúry a vlastností pevných látok
a. Vznik kvázikryštálov z taveniny Kvázikryštály (QC) majú usporiadanú štruktúru bez translačnej periodicity, ich štruktúru preto nemožno odvodiť pomocou dnes štandardných nástrojov ako genetický algoritmus (GA). Reprezentatívne modely kvázikryštálov musia obsahovať rádovo aspoň tisícky atómov. Prvoprincípová optimalizácia štruktúra	

takýchto rozmerov povedzme metódou DFT sa dá vykonať len na výkonnom superpočítači v silno paralelizovanom prostredí.

Iniciačná štúdia prípadu ikosaedrálného kvázikryštálu AlCuFe bola publikovaná v článku:
[1] M. Mihalkovic and M. Widom: Spontaneous formation of thermodynamically stable Al-Cu-Fe icosahedral quasicrystal from realistic atomistic simulations. Phys. Rev. Research 2, 013196, 2020; DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevResearch.2.013196>
Video <https://journals.aps.org/prresearch/abstract/10.1103/PhysRevResearch.2.013196> ukazuje simuláciu koexistencie tekutina-pevná látka (kvázikryštál AlCuFe) pomocou oscilujúcich párových potenciálov.

b. Modelovanie kompozitu kvázikrystal-cín

Cín vytvára na povrchu intermetalických kvázikryštálov ako AlMnPd či AlCoNi klatrátové štruktúry v takmer dokonalom mriežkovom súlade so štruktúrou povrchu kvázikryštálu, pričom kov a klatrát sú prepojené silnými kovalentnými väzbami. Modelovanie takéhoto rozhrania vyžaduje: konštrukciu realistického modelu povrchu QC v dostatočne veľkej periodickej bunke tak, aby sa dali reprezentovať významné motívy QC štruktúry – napr. Dekagonálny klaster s priemerom 20Å. Model musí obsahovať niekoľko vrstiev (3-4) QC substrátu a našim cieľom je simulovať približne rovnako hrubú vrstvu cínu. Odhadujeme, že výsledný model bude mať približne 1500 atómov. Naším cieľom bude “objaviť” štruktúru cínovej vrstvy simulovaným ohrevom súčasne niekoľkých nezávislých vzoriek heteroštruktúry, pričom každá simulácia prebieha pri inej teplote. Takáto simulácia sa nazýva *paralelný tempering*.

Článok [2] podopiera teoretickými aj experimentálnymi argumentmi:

[2] V. K. Singh, M. Mihalkovic et al: Quasiperiodic ordering in thick Sn layer on i-Al-Pd-Mn: A possible quasicrystalline clathrate; Phys. Rev. Research 2, 013023, 2020; DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevResearch.2.013023>

c. Hľadanie tvrdého magnetu Fe-Ni.

Analýza meteoritu NWA 6259 ukázala, že obsahuje tvrdý magnet NiFe, ktorý sa v porovnateľnej čistote dosiaľ nepodarilo laboratórne pripraviť, pričom takýto feromagnet by mohol nahradiť potenciálne ťažko dostupné vzácne kovy, ktoré sú nenahraditeľnou súčasťou široko používaných vysoko výkonných magnetických materiálov. Naš projekt predpokladá rekryštalizáciu feromagnetického FeNi z metastabilných zliatin pripravených rýchlym chladením. Atomistická simulácia rekryštalizačného procesu vyžaduje spin-polarizované ab-initio molekulárno-dynamické simulácie, ktorých vypočtová náročnosť niekoľkonásobne prevyšuje štandardne (nepolarizované) simulácie. Potrebná veľkosť vzorky je cca 500 atómov, predpokladáme, že proces rekryštalizácie vyžaduje ~100000 self-konzistentných krokov. Simulácie budú prebiehať opäť v rámci metódy paralelného temperovania pre niekoľko teplôt súčasne.

Vysvetlenie požiadavky na HPC kapacity:

Odhadujeme, že realizácia takýchto projektov si vyžiada:

- Výpočty pre dekadagonálny kvázikrystal AlCuCo - 2 000 000 core-hours.
- 5 000 000 core-hours
- 3 000 000 core-hours

Kapacity využívané/žiadané v zahraničí:

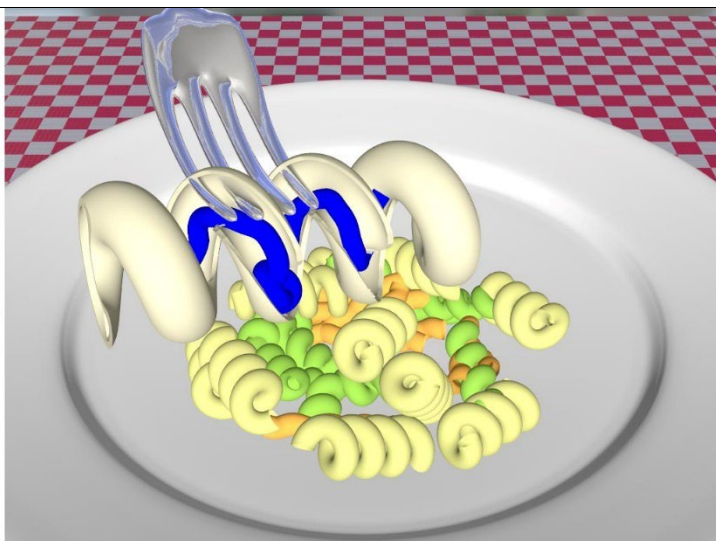
-

3 najvýznamnejšie publikčné výstupy:

- [1] M. Widom, M. Mihalkovič: Symmetry-broken crystal structure of elemental boron at low temperature; Phys. Rev. B 77, 064113, 2008
- [2] Marek Mihalkovič and C. L. Henley: Empirical oscillating potentials for alloys from ab initio fits and the prediction of quasicrystal-related structures in the Al-Cu-Sc system. Phys. Rev. B 85, 092102, 2012
- [3] P.F. Lorry, ..., M. Mihalkovic et al: Direct measurement of individual phonon lifetimes in the clathrate compound Ba7.81Ge40.67Au5.33; Nature Communications volume 8, Article number: 491 (2017)

Vedúci skupiny:	Ing. Dušan Račko, PhD.
Kontakt:	dusan.racko@savba.sk

Požiadavka pre budúce projekty:	20 000 000 core-hours
Predmet výskumu:	Molekulové simulácie polymérov
V Oddelení molekulových simulácií polymérov (OMSP) sa zaoberáme výskumom aktuálnych problémov z oblasti polymérnej chémie a fyziky s použitím molekulových simulácií. Výskum v OMSP sa sústreďí na tri hlavné oblasti definované v kľúčových témach Ústavu polymérov SAV, v.v.i. Tieto tri okruhy zahŕňajú geometricky obmedzené polyméry, vlastnosti a štruktúru polymérmi modifikovaných povrchov a ich interakcie s proteínmi alebo peptidmi a zauzlené polyméry. Tieto okruhy adresujú celý rad praktických situácií. Simulácie polymérov v geometrickom obmedzení sú užitočné pri návrhu nano-technologických zariadení ako sú nano-fluidné kanály používané v jedno-molekulových lab-on-chip experimentoch pri skúmaní DNA. Spadajú sem ale aj situácie v biologických systémoch, kde je DNA prirodzene uväznená v bunkových jadrách, bakteriofágoch alebo virálnych kapsidoch. Výskum OMSP v oblasti polymérov v geometrickom obmedzení si vo svete vzbudoval dobre rozpoznateľnú pozíciu, pričom OMSP publikovalo na túto tému niekoľko desiatok vedeckých štúdií v špičkových vedeckých časopisoch, ktoré prinášajú aj veľký citačný ohlas. Publikované práce pomohli preskúmať termodynamiku stláčania polymérov v priestoroch s rôznou geometriou, ako sú nano-kanály s kruhovým a štvorcovým profilom, guľové priestory reprezentujúce virálne kapsidy alebo bunkové jadrá, či chromatografické silikátové náplne, štrbiny reprezentujúce vrstvené nano-materiály ako montmorillonity. Skúmal sa aj prípad sústavy pevných prekážok ako nájdeme v štruktúrovaných nano-materiáloch či chromatografických náplniach. Vyvinuli sme aj úplne nové typy geometrických priestorov, ako sú špirálové kanály, ktoré umožnili preskúmať vplyv chiralít okolia polymérov, s ktorým sa stretávame v živých bunkách, prípadne dokážeme umelo vytvoriť v nano-fluidných zariadeniach. Druhý okruh tém, na ktoré sa výskum na OMSP sústreďuje sú povrchy modifikované polymérmi a ich interakcie s inými molekulami, hlavne proteínmi a peptidmi. Najjednoduchším príkladom je skúmanie správania polymérmi modifikovaného povrchu v prítomnosti vody a zmien jeho hydratacie, ktorá zohráva dôležitú úlohu pri interakcii s molekulami. Simulácie polymérmi modifikovaných povrchov prispievajú k objasneniu vplyvov, ktoré bránia nežiadúcej adsorpcii proteínov na povrchy, keďže je v tejto oblasti stále veľa kontroverzných zistení na experimentálnej úrovni a stále nie je vypracovaná univerzálna teória. Práve molekulové simulácie dokážu zohľadniť všetky príspevky, 4Asto protichodné, k tomuto procesu, čo nie je možné pri čisto teoretickom prístupe. Výsledky týchto molekulových simulácií by mali pomôcť pri návrhoch nových biokompatibilných nosičov liečiv a implantátov s imunosupresívnymi vlastnosťami, keďže práve adsorpcia proteínov na ich povrch je prvou fázou pri identifikácii cudzieho materiálu a začiatkom imunitnej reakcie. V publikovaných prácach sa preskúmali štruktúrne režimy polymérmi nereverzibilne modifikovaných povrchov a vplyv hydratacie na túto štruktúru. Tiež sa študovali adhézne vlastnosti dosiek kovalentne modifikovaných polymérmi v závislosti od hustoty a hrúbky pokrytia. OMSP sa tiež zaoberalo interakciou spike proteínu SARS-CoV-2 vírusu s grafénovou platformou s cieľom zistiť, či sa môže SARS-CoV-2 šíriť cigaretovým dymom a zároveň pomôcť pri návrhu ochranných prostriedkov ako sú respirátory obsahujúce grafénové náplne. Najnovším rozšírením tém v OMSP sú simulácie zauzlených polymérov. Zauzlené polyméry sa bežne nachádzajú v prírode na DNA v dôsledku činnosti biologických procesov, ako je transkripcia, rekombinácia, alebo aktivita enzýmov a proteínov. Zauzleniny vznikajú aj v dôsledku fyzikálnych zákonov, ktoré predpokladajú, že pravdepodobnosť existencie zauzlenín s rastúcou dĺžkou krivky (opisujúcou napríklad dĺžku molekuly) rýchlo narastá a preto je prítomnosť zauzlenín pre polymérne molekuly typická. Nové chemické syntetické metódy umožnili kontrolovanú prípravu dobre definovaných molekulárnych uzlov a tento výskum bol ocenený Nobelovou cenou v roku 2016 (Sauvage). Existujúce syntetické metódy prípravy uzlov sú však stále komplikované a neumožňujú prípravu dostatočného množstva látky pre experimentálne štúdie vlastností látok pozostávajúcich z takýchto zauzlených molekúl. Preto sú v súčasnosti vo výhode počítačové experimenty prostredníctvom molekulových simulácií, ktoré dokážu simulovať molekuly s ľubovoľnou topológiou. V tomto výskume OMSP doteraz publikovalo práce, ktoré napríklad navrhli vysvetlenie, akým spôsobom sa DNA v bunkách oduzlí, keďže zauzleniny na DNA sú veľmi nebezpečné, ale nie je známy spôsob, ako sa ich DNA dokáže zbavovať. Takisto sme prostredníctvom molekulových simulácií preskúmali možnosti vytvorenia experimentálneho nano-fluidného zariadenia na detekciu chiralít uzlov, a navrhli sme aj zariadenie a prevádzkové parametre na generovanie zauzlených molekúl s definovanou chiralitou prostredníctvom stláčania DNA v špirálových kanáloch.	



Obr 1: Umelecký pohľad na zauzlenú DNA geometricky obmedzenú v špirálovom nano-kanáli. Uzly na DNA (chirálna superštruktúra) sa vyskytujú prirodzene, ale môžu byť vnesené molekulovou manipuláciou pomocou mechanických pinziet. Špirálové nano-kanály môžu byť pripravené vo forme gélov, živíc alebo molekulových sít a môžu byť použité pre nano-zariadenia v vznikajúcej oblasti chirálnej nanotechnológie (Rusková R. <https://doi.org/10.3390/polym13213726>)

Vysvetlenie požiadavky na HPC kapacity:

Praktické prevádzkovanie počítačových simulácií je obvykle spojené s racionalizáciou počítačového výkonu, ktoré zahŕňa použitie moderného softvéru, paralelizáciu výpočtov, multiškálové modelovanie a optimalizáciu modelu pre riešenie skúmaného problému pred spustením samotných simulácií. Tieto prístupy sú nevyhnutné pre praktickú realizáciu veľkých simulácií a sledujú trendy v tejto oblasti vo svete, pričom pracovníci OMSP získali skúsenosti v tejto oblasti počas dlhodobých odborných stáží v zahraničí. Napriek veľkému pokroku vo vývoji metód na racionalizáciu použitého výpočtového výkonu všeobecný trend vo svete je taký, že objem použitého výkonu potrebného na publikovanie výpočtových prác v kvalitných vedeckých časopisoch exponenciálne rastie. Nároky na výpočtový výkon v molekulových simuláciách sú definované veľkosťou systému, teda počtom atómov, charakterom aproximácií prijatých v rámci simulačného prístupu a dĺžkou simulačného času určenou časovou škálou študovaného problému, ktorý sa môže meniť v rozpätí desiatok rádov od mikrosekúnd po desiatky sekúnd v prípade biologických problémov. Významné úspory výpočtového výkonu je možné dosiahnuť premysleným multiškálovaním, kedy sa zanedbajú určité chemické detaily molekúl za účelom posunutia fyzikálneho času a rozmeru simulácií ku škálam potrebným pre študovaný problém. Tento prístup sa aplikuje pre niektoré problémy lepšie a pre niektoré problémy horšie. Napríklad v prípade simulácií proteínov je dôležité zachovať detailnú informáciu o chemickej štruktúre molekuly, ktorá je unikátna pre daný proteín. Veľkosť aj najmenších funkčných proteínov je v desiatkach tisíc atómov, pričom simulačný protokol vyžaduje použiť dodatočne veľký počet molekúl vody a dostatočne veľký systém, aby sa v modeli zabránilo vzniku nefyzikálnych interakcií (bio)makromolekúl s vlastnými obrazmi v periodickom súradnicovom systéme. Súčasné štúdie publikované v kvalitných časopisoch pracujú s veľkosťami simulovaných systémov obsahujúcich stotisíce atómov. Pri týchto simuláciách je nevyhnutné použiť paralelizované výpočty. Rýchlosť výpočtov s použitým výpočtovým výkonom v podobe počtu použitých výpočtových jadier (CPU) má tendenciu saturovať do oblasti, kedy už pridávanie ďalších výpočtových jadier nie je efektívne. Kvalitný výpočtový server pre vysokovýkonné výpočty však ideálne dokáže efektívne distribuovať výpočty 1000 atómov na 1 CPU. Teda typická simulácia proteínu vyžaduje použitie niekoľko sto CPU. V takomto prípade vieme napočítať rádovo desiatky nanosekúnd fyzikálneho času za deň. Keďže fyzikálna časová škála študovaného problému sa pohybuje v oblasti mikrosekúnd, výpočet musí bežať niekoľko týždňov. Vzhľadom na to, že vo vedeckom výskume výpočtové experimenty musia mať charakter klasického experimentu – teda spôsobom testovania trial & error – nie je možné uskutočniť len jednu simuláciu, ale je potrebné aj uskutočniť opakované simulácie so zmenou parametrov modelu, pričom jedna simulácia spotrebuje niekoľko stotisíc CPU hodín výpočtového výkonu. Tým sa dostávame veľmi rýchlo do oblasti výpočtových nárokov 1-10 M core hours, za predpokladu, že pracujeme len s jedným modelom, čo je údaj, ktorý uvádzame v dotazníku na Prieskum požiadaviek používateľov HPC na Slovensku.

Ako sme vysvetľovali vyššie, silný nástroj pri racionalizácii použitia výpočtového výkonu predstavuje multiškálovanie – teda použitý výpočtový výkon zameriame na oblasť záujmu zanedbaním niektorých detailov štruktúry. Pri molekulových simuláciách polymérov sa používajú takzvané hrubozrné modely. V týchto modeloch sa nahradí časť polyméru, v našom prípade DNA jedným zrnom/časticou, ktorá predstavuje jeden závit DNA obsahujúci zhruba 600 atómov. Súvisle so zmenou jednotky rozmeru sa mení aj časová jednotka, kde integračný krok zodpovedá niekoľkým nanosekundám fyzikálneho času. Toto je možné vďaka odvodeným škálovacím fyzikálnym zákonom. Časový rozmer biologických problémov zaujímavých pre výskum však je obvykle v oblasti sekúnd, takže simulácie takisto vyžadujú celé týždne až mesiace výpočtového času. Veľkosť systémov definujúca počet potrebných CPU je určená buď potrebnou veľkosťou štatistickej vzorky, alebo veľkosťou systému, aby sa zabránilo nefyzikálnym interakciám molekúl. Vzhľadom na to, že hrubozrné simulácie majú za cieľ preskúmať všeobecné správanie molekúl bez dôrazu na špecifické interakcie, ako sme popísali v prípade proteínov, v hrubozrnných simuláciách je výpočtová náročnosť zvýšená v dôsledku preskúmania parametrického priestoru modelu. Napríklad v prípade stláčania DNA v kanáli sme použili nano-kanály s tromi rôznymi priermi, desať rôznymi silami stláčania, desať opakovanými simuláciami a dĺžkou simulácií tri týždne zodpovedajúcimi pol sekunde reálneho fyzikálneho času. Simulácie DNA modelovanej ako reťazec pozostávajúci z 300 hrubozrnných častíc bežali na 8 CPU jadrách, čo samé o sebe predstavuje vyše milión CPU hodín bez započítania pokus-a-omyl fázy počítačových experimentov. Pri sumarizácii prác sme si boli vedomí, že simulácie sú ovplyvnené veľkosťou štatistickej vzorky a v prípade komplikovaných geometrií obmedzeného priestoru, akými sú špirály, existujú ďalšie parametre, ktoré sme nedokázali preskúmať kvôli obmedzeniam počítačového výkonu.

Molekulové simulácie predstavujú široké spektrum výziev pre vysokovýkonné výpočty. Zatiaľ čo niektoré problémy sú ľahko paralelizovateľné, v prípade molekulovej dynamiky výpočty spojené so simuláciou jednej štruktúry môžu saturovať pri použití niekoľkých desiatok procesorov, ale kvôli dosiahnutiu fyzikálneho času je potrebné simulovať miliardy následných štruktúr, z ktorých jedna nemôže s výhodou využiť distribuované výpočty predtým, než je dokončená simulácia predchádzajúcej štruktúry. V tomto prípade sa teda kladie nárok skôr na výpočtovú silu jedného jadra než na počet výpočtových jadier, čo je nanešťastie v nesúlade so súčasným technologickým trendom zvyšovania výpočtového výkonu prostredníctvom zvyšovania počtu CPU. Tento problém molekulových simulácií sa vo svete začal riešiť používaním grafických kariet (graphical processing units, GPU) a CUDA výpočtov (compute unified device architecture). Molekulové simulácie s použitím GPU sú pri našich problémoch 20-100-krát rýchlejšie s použitím GPU. Avšak profesionálne GPU riešenia vyžadujú nákupy, kde jedna GPU karta dosahuje cenu do 20 000 EUR a súčasné grantové schémy neumožňujú takéto investície.

Kapacity využívané/žiadané v zahraničí:

V súčasnosti využívame výpočtové kapacity na výpočtovom klastri na Univerzite v Porte a na Vienna Supercomputer Cluster vo Viedni (VSC) v rámci plynúcich bilaterálnych projektov a zahraničných spoluprác. Výpočtové možnosti sú však obmedzené na zaprojektované témy. **V rámci projektu na VSC sme spotrebovali zaprojektovanú kapacitu 10 M core hours počas prvých troch mesiacov tohto roku a zároveň nám bola udelená ďalšia kapacita 10 M core hours na doriešenie projektu.** Na 9 mesiacov sme získali výpočtový čas v rámci projektu IT4Innovations na klastri Technickej Univerzity v Ostrave.

3 najvýznamnejšie publikčné výstupy:

[1] BENKOVÁ, Zuzana** - CORDEIRO, M.N.D.S. Structural behavior of monomer of SARS-CoV-2 spike protein during initial stage of adsorption on graphene. In Materials Today Chemistry, 2021, vol. 22, art. no. 100572, [12] p. (2020: 8.301 - IF, Q1 - JCR, 1.521 - SJR, Q1 - SJR, karentované - CCC). (2021 - Current Contents). ISSN 2468-5194. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.mtchem.2021.100572>

Typ: ADCA

[2] RAČKO, Dušan* - BENEDETTI, Fabrizio - DORIER, Julien - STASIAK, Andrzej**. Transcription-induced supercoiling as the driving force of chromatin loop extrusion during formation of TADs in interphase chromosomes. In Nucleic acids research, 2018, vol. 46, no. 4, p. 1648-1660. (2017: 11.561 - IF, Q1 - JCR, 9.025 - SJR, Q1 - SJR, karentované - CCC). (2018 - Current Contents). ISSN 0305-1048. Dostupné na: <https://doi.org/10.1093/nar/gkx1123> Typ: ADCA

[3] BENKOVÁ, Zuzana** - RIŠPANOVÁ, Lucia - CIFRA, Peter. Conformation of flexible and semiflexible chains confined in nanoposts array of various geometries. In Polymers : Open Access Polymer Science Journal, 2020, vol. 12, no. 5, art. no. 1064, [19] p. (2019: 3.426 - IF, Q1 - JCR, 0.704 - SJR, Q1 - SJR, karentované - CCC). (2020 - Current Contents). ISSN 2073-4360. Dostupné na:

<https://doi.org/10.3390/POLYM12051064> Typ: ADCA

9.2 Cenníkové ceny poskytovateľov služieb HPC¹²⁹

Ceny, za ktoré by bolo možné v súčasnosti zakúpiť HPC kapacity, sú prevzaté z prieskumu dostupných cenníkov centier HPC. Pre účely porovnania boli však uvažované objemové zľavy 30 %.

Tabuľka 67: Cenníkové ceny poskytovateľov služieb HPC

Cenníkové ceny centier HPC			
Poskytovateľ služby	Typ služby	Cena ¹³⁰	Zdroj
Vega, Slovinsko	EuroHPC	0,0078	https://doc.vega.izum.si/price-list/
Sabalcore HPC Cloud Pricing	komerčný	0,1200	https://www.sabalcore.com/services/pricing/
ARCHIE-WeSt - HPC Core Hours	komerčný	0,1400	https://onlineshop.strath.ac.uk/product-catalogue/archie-west/archiewest-hpc-core-hours
Penn Medicine Academic Computing Services	komerčný	0,1050	https://www.med.upenn.edu/hpc/billing-pricing-service-descriptions.html
Oracle Big Data Service - Compute – HPC	komerčný	0,1500	https://www.oracle.com/cloud/price-list.html
Penguin Computing	komerčný	0,1100	https://www.penguin-solutions.com/computing/wp-content/uploads/2021/11/pod-pricing-datasheet-111121.pdf

¹²⁹ Údaje z mája 2022

¹³⁰ Cena v € za corehodinu

9.3 Harmonogram prestavby dátového centra

Harmonogramy predpokladaného trvania krokov realizácie podľa jednotlivých lokalít sa nachádzajú v súbore DC HPC harmonogram Basic.pdf.

9.4 Hodnotiace kritériá alternatív realizácie DC

Hodnotiace kritériá alternatív realizácie DC sa nachádzajú v priloženom súbore HPC DC Komplexne hodnotenie.xlsx.

9.5 Identifikácia rizík pri vybudovaní DC a návrh mitigácie

V ďalšom texte je uvedený zoznam identifikovaných rizík pre jednotlivé posudzované varianty umiestnenia dátového centra (DC), zvlášť pre konfiguráciu Basic a Extended. Pre každé riziko je uvedený návrh opatrení na jeho predchádzanie.

9.5.1 Hodnotenie

V rámci hodnotenia „Z“ predstavuje závažnosť rizika, ktoré je určovaná na škále od 1 – 3, kde 1 je mierna závažnosť, 2 stredná závažnosť a 3 kritická závažnosť.

V rámci hodnotenia „P“ predstavuje pravdepodobnosť výskytu, ktoré je určované na škále 1 - 3, kde 1 je nízka pravdepodobnosť, 2 je stredná pravdepodobnosť, 3 je vysoká pravdepodobnosť.

Hodnotenie „H“ je následne podľa spôsobu zaužívaného v projektovom riadení vypočítané takto: $2 \times \text{Závažnosť rizika} + \text{Pravdepodobnosť jeho výskytu}$. Vyššie číslo je považované za horšie.

9.5.1.1 Variant CNIC

Tabuľka 68: Riziká realizácie DC - variant CNIC

Riziká variantu a navrhované mitigácie		CNIC basic			
Prestavba					
ID	Riziko	Z	P	H	Mitigácia
1	Lokalita nebude vhodná napriek deklarácii uchádzača - technická časť - energie - plocha - konektivita ...	3	1	7	kvalita, obmedzenia v inštalovanom HW prieskum RFI
2	Lokalita nebude vhodná napriek deklarácii uchádzača - inžiniering - stavebné povolenie - vyjadrenia dotknutých organizácií a správco v sietí - hlučnosť (mail JMI)	3	1	7	kvalita, termín, cena Výkonanie inžinierskeho prieskumu pred výberom lokality (realizácia 1 mesiac mimo obstarania inžinieringu)
3	Oneskorené nadobudnutie budovy s pozemkom	3	1	7	termín Výkonanie predzmluvných rokovaní o spôsobe nadobudnutia (kúpa/nájom) pred výberom lokality.
4	VO na Design&Build (vrátane inžinieringu) - zdržanie Nájom/Kúpa - zdržanie vs. ponuka trhu	3	2	8	termín Predchádzanie námietkam počas VO transparentnosťou celého procesu VO vrátane využitia predbežných trhových konzultácií Dôsledne a kvalitne pripravené súťažné podklady
5	Neskoré zabezpečenie príslušných povolení a vyjadrení	3	3	9	termín viď 2 inžiniering zazmluvniť v zodpovednosti realizátora
6	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - kvalitu	3	1	7	obmedzenia v inštalovanom HW kvalita zadania, skorá definícia požiadaviek HW najmä na chladenie a napájanie, technický dozor investora
7	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - termín	3	3	9	termín dočasná lokalita
8	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - cenu	3	3	9	cena Cena: poistenie, rezerva v rozpočte (určiť mechanizmus)
9	Nedostatočné kapacity a odborná znalosť investora na poskytovanie súčinnosti	2	3	7	termín včas zostaviť projektový tím s príslušnými kapacitami, znalosťami a právomocami zabezpečiť súčinnosť poskytovateľa pozemku
10	Nedostatočná odborná znalosť na prevádzku DC budovy	2	3	7	nespolahlivá prevádzka nominácia personálu na prevádzku počas výstavby + školenia
11	Vendor lock-in technické vybavenie DC a servis	2	1	5	prevádzkové náklady v rámci VO aj servisné náklady na 5 rokov a cena rozšírenia Basic - Extend
12	Riziko uplatnenia možnosti kúpy v rámci nájmu			0	NA
				82	

Riziká variantu a navrhované mitigácie			CNIC Extended			
Prestavba						
ID	Riziko	Z	P	H	Dopad	Mitigácia
1	Lokalita nebude vhodná napriek deklarácii uchádzača - technická časť - energie - plocha - konektivita ...	3	1	7	kvalita, obmedzenia v inštalovanom HW	prieskum RFI
2	Lokalita nebude vhodná napriek deklarácii uchádzača - inžiniering - stavebné povolenie - vyjadrenia dotknutých organizácií a správcov sietí - hlučnosť (mail JMI)	3	1	7	kvalita, termín, cena	Vykonanie inžinierskeho prieskumu pred výberom lokality (realizácia 1 mesiac mimo obstarania inžinieringu)
3	Oneskorené nadobudnutie budovy s pozemkom	3	2	8	termín	Vykonanie predzmluvných rokovaní o spôsobe nadobudnutia (kúpa/nájom) pred výberom lokality.
4	VO na Design&Build (vrátane inžinieringu) - zdržanie Nájom/Kúpa - zdržanie vs. ponuka trhu	3	2	8	termín	Predchádzanie námietkam počas VO transparentnosťou celého procesu VO vrátane využitia predbežných trhových konzultácií Dôsledne a kvalitne pripravené súťažné podklady
5	Neskoré zabezpečenie príslušných povolení a vyjadrení	3	3	9	termín	viď 2 inžiniering zazmluvniť v zodpovednosti realizátora
6	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - kvalitu	3	1	7	obmedzenia v inštalovanom HW	kvalita zadania, skorá definícia požiadaviek HW najmä na chladenie a napájanie, technický dozor investora
7	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - termín	3	3	9	termín	dočasná lokalita
8	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - cenu	3	3	9	cena	Cena: poistenie, rezerva v rozpočte (určiť mechanizmus)
9	Nedostatočné kapacity a odborná znalosť investora na poskytovanie súčinnosti	2	3	7	termín	včas zostaviť projektový tím s príslušnými kapacitami, znalosťami a právomocami zabezpečiť súčinnosť poskytovateľa pozemku
10	Nedostatočná odborná znalosť na prevádzku DC budovy	2	3	7	nespoľahlivá prevádzka	nominácia personálu na prevádzku počas výstavby + školenia
11	Vendor lock-in technické vybavenie DC a servis	2	1	5	prevádzkové náklady	v rámci VO aj servisné náklady na 5 rokov a cena rozšírenia Basic - Extend
12	Riziko uplatnenia možnosti kúpy v rámci nájmu			0	NA	
				83		

9.5.1.2 Variant SAV

Tabuľka 69: Riziká realizácie DC - variant SAV

Riziká variantu a navrhované mitigácie				SAV basic	
Prestavba					
ID	Riziko	Z	P	H	Mitigácia
1	Lokalita nebude vhodná napriek deklarácii uchádzača - technická časť - energie - plocha - konektivita ...	3	1	7	kvalita, obmedzenia v inštalovanom HW prieskum RFI
2	Lokalita nebude vhodná napriek deklarácii uchádzača - inžiniering - stavebné povolenie - vyjadrenia dotknutých organizácií a správco v sietí - hlučnosť (mail JMI)	3	1	7	kvalita, termín, cena Vykonanie inžinierskeho prieskumu pred výberom lokality (realizácia 1 mesiac mimo obstarania inžinieringu)
3	Oneskorené nadobudnutie budovy s pozemkom	3	1	7	termín Vykonanie predzmluvných rokovaní o spôsobe nadobudnutia (kúpa/nájom) pred výberom lokality.
4	VO na Design&Build (vrátane inžinieringu) - zdržanie Nájom/Kúpa - zdržanie vs. ponuka trhu	3	2	8	termín Predchádzanie námietkam počas VO transparentnosťou celého procesu VO vrátane využitia predbežných trhových konzultácií Dôsledne a kvalitne pripravené súťažné podklady
5	Neskoré zabezpečenie príslušných povolení a vyjadrení	3	3	9	termín viď 2 inžiniering zazmluvniť v zodpovednosti realizátora
6	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - kvalitu	3	1	7	obmedzenia v inštalovanom HW kvalita zadania, skorá definícia požiadaviek HW najmä na chladenie a napájanie , technický dozor investora
7	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - termín	3	3	9	termín dočasná lokalita
8	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - cenu	3	3	9	cena Cena: poistenie, rezerva v rozpočte (určiť mechanizmus)
9	Nedostatočné kapacity a odborná znalosť investora na poskytovanie súčinnosti	2	2	6	termín včas zostaviť projektový tím s príslušnými kapacitami, znalosťami a právomocami zabezpečiť súčinnosť poskytovateľa pozemku
10	Nedostatočná odborná znalosť na prevádzku DC budovy	2	1	5	nespolahlivá prevádzka nominácia personálu na prevádzku počas výstavby + školenia
11	Vendor lock-in technické vybavenie DC a servis	2	1	5	prevádzkové náklady v rámci VO aj servisné náklady na 5 rokov a cena rozšírenia Basic - Extend
12	Riziko uplatnenia možnosti kúpy v rámci nájmu			0	NA
				79	

Riziká variantu a navrhované mitigácie		SAV Extended			
Prestavba					
ID	Riziko	Z	P	H	Mitigácia
1	Lokalita nebude vhodná napriek deklarácii uchádzača - - technická časť - energie - plocha - konektivita ...	3	1	7	kvalita, obmedzenia v inštalovanom HW prieskum RFI
2	Lokalita nebude vhodná napriek deklarácii uchádzača - - inžiniering - stavebné povolenie - vyjadrenia dotknutých organizácií a správcov sietí - hlučnosť (mail JMI)	3	2	8	kvalita, termín, cena Výkonanie inžinierskeho prieskumu pred výberom lokality (realizácia 1 mesiac mimo obstarania inžinieringu)
3	Oneskorené nadobudnutie budovy s pozemkom	3	1	7	termín Výkonanie predzmluvných rokovaní o spôsobe nadobudnutia (kúpa/nájom) pred výberom lokality.
4	VO na Design&Build (vrátane inžinieringu) - zdržanie Nájom/Kúpa - zdržanie vs. ponuka trhu	3	2	8	termín Predchádzanie námietkam počas VO transparentnosťou celého procesu VO vrátane využitia predbežných trhových konzultácií Dôsledne a kvalitne pripravené súťažné podklady
5	Neskoré zabezpečenie príslušných povolení a vyjadrení	3	3	9	termín viď 2 inžiniering zazmluvniť v zodpovednosti realizátora
6	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - kvalitu	3	1	7	obmedzenia v inštalovanom HW kvalita zadania, skorá definícia požiadaviek HW najmä na chladenie a napájanie , technický dozor investora
7	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - termín	3	3	9	termín dočasná lokalita
8	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - cenu	3	3	9	cena Cena: poistenie, rezerva v rozpočte (určiť mechanizmus)
9	Nedostatočné kapacity a odborná znalosť investora na poskytovanie súčinnosti	2	2	6	termín včas zostaviť projektový tím s príslušnými kapacitami, znalosťami a právomocami zabezpečiť súčinnosť poskytovateľa pozemku
10	Nedostatočná odborná znalosť na prevádzku DC budovy	2	1	5	nespoľahlivá prevádzka nominácia personálu na prevádzku počas výstavby + školenia
11	Vendor lock-in technické vybavenie DC a servis	2	1	5	prevádzkové náklady v rámci VO aj servisné náklady na 5 rokov a cena rozšírenia Basic - Extend
12	Riziko uplatnenia možnosti kúpy v rámci nájmu			0	NA
				80	

9.5.1.3 Variant TUKE

Tabuľka 70: Riziká realizácie DC - variant TUKE

Riziká variantu a navrhované mitigácie			TUKE basic		
Prestavba					
ID	Riziko	Z	P	H	Mitigácia
1	Lokalita nebude vhodná napriek deklarácii uchádzača - technická časť - energie - plocha - konektivita ...	3	3	9	kvalita, obmedzenia v inštalovanom HW prieskum RFI
2	Lokalita nebude vhodná napriek deklarácii uchádzača - inžiniering - stavebné povolenie - vyjadrenia dotknutých organizácií a správcov sietí - hlučnosť (mail JMI)	3	2	8	kvalita, termín, cena Vykonanie inžinierskeho prieskumu pred výberom lokality (realizácia 1 mesiac mimo obstarania inžinieringu)
3	Oneskorené nadobudnutie budovy s pozemkom	3	1	7	termín Vykonanie predzmluvných rokovaní o spôsobe nadobudnutia (kúpa/nájom) pred výberom lokality.
4	VO na Design&Build (vrátane inžinieringu) - zdržanie Nájom/Kúpa - zdržanie vs. ponuka trhu	3	2	8	termín Predchádzanie námietkam počas VO transparentnosťou celého procesu VO vrátane využitia predbežných trhových konzultácií Dôsledne a kvalitne pripravené súťažné podklady
5	Neskoré zabezpečenie príslušných povolení a vyjadrení	3	3	9	termín viď 2 inžiniering zazmluvniť v zodpovednosti realizátora
6	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - kvalitu	3	1	7	obmedzenia v inštalovanom HW kvalita zadania, skorá definícia požiadaviek HW najmä na chladenie a napájanie , technický dozor investora
7	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - termín	3	3	9	termín dočasná lokalita
8	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - cenu	3	3	9	cena Cena: poistenie, rezerva v rozpočte (určiť mechanizmus)
9	Nedostatočné kapacity a odborná znalosť investora na poskytovanie súčinnosti	2	2	6	termín včas zostaviť projektový tím s príslušnými kapacitami, znalosťami a právomocami zabezpečiť súčinnosť poskytovateľa pozemku
10	Nedostatočná odborná znalosť na prevádzku DC budovy	2	1	5	nespoľahlivá prevádzka nominácia personálu na prevádzku počas výstavby + školenia
11	Vendor lock-in technické vybavenie DC a servis	2	1	5	prevádzkové náklady v rámci VO aj servisné náklady na 5 rokov a cena rozšírenia Basic - Extend
12	Riziko uplatnenia možnosti kúpy v rámci nájmu			0	NA
				82	

9.5.1.4 Variant DCBA

Tabuľka 71: Riziká realizácie DC - variant DCBA

Riziká variantu a navrhované mitigácie				DCBA basic	
Nájom/kúpa					
ID	Riziko	Z	P	H	Mitigácia
1	Lokalita nebude vhodná napriek deklarácii uchádzača - technická časť - energie - plocha - konektivita ...	3	1	7	obmedzenia v inštalovanom HW deklaruje poskytovateľ podmienka VO, v prípade existujúceho DC predpoklad, že je predrokované
2	Lokalita nebude vhodná napriek deklarácii uchádzača - inžiniering - stavebné povolenie - vyjadrenia dotknutých organizácií a správcov sietí - hlučnosť (mail JMI)	3	1	7	termín deklaruje poskytovateľ podmienka VO, v prípade existujúceho DC predpoklad, že je predrokované
3	Oneskorené nadobudnutie budovy s pozemkom			0	NA
4	VO na Design&Build (vrátane inžinieringu) - zdržanie Nájom/Kúpa - zdržanie vs. ponuka trhu	3	1	7	termín dostupnosť na trhu preverená RFI, Predchádzanie námietkam počas VO transparentnosťou celého procesu VO vrátane využitia predbežných trhových konzultácií Dôsledne a kvalitne pripravené súťažné podklady
5	Neskoré zabezpečenie príslušných povolení a vyjadrení	3	1	7	termín viď 2
6	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - kvalitu	3	1	7	obmedzenia v inštalovanom HW Kvalita: kvalita zadania, skorá definícia požiadaviek HW najmä na chladenie a napájanie , technický dozor investora
7	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - termín	3	3	9	termín Čas: dočasná lokalita
8	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - cenu	3	3	9	cena Cena: zazmluvnená pri uzavretí nájomnej zmluvy, rezerva v rozpočte (určiť mechanizmus)
9	Nedostatočné kapacity a odborná znalosť investora na poskytovanie súčinnosti	1	3	5	termín včas zostaviť projektový tím s príslušnými kapacitami, znalosťami a právomocami
10	Nedostatočná odborná znalosť na prevádzku DC budovy	2	2	6	nespoľahlivá prevádzka nominácia personálu na prevádzku pred uzavretím nájomnej zmluvy + školenia
11	Vendor lock-in technické vybavenie DC a servis	2	3	7	prevádzkové náklady v rámci VO aj servisné náklady na 5 rokov a cena rozšírenia Basic - Extend
12	Riziko uplatnenia možnosti kúpy v rámci nájmu	3	2	8	prevádzkové náklady
				79	

Riziká variantu a navrhované mitigácie				DCBA extend		
Nájom/kúpa						
ID	Riziko	Z	P	H	Dopad	Mitigácia
1	Lokalita nebude vhodná napriek deklarácii uchádzača - technická časť - energie - plocha - konektivita ...	3	1	7	obmedzenia v inštalovanom HW	deklaruje poskytovateľ podmienka VO, v prípade existujúceho DC predpoklad, že je predrokované
2	Lokalita nebude vhodná napriek deklarácii uchádzača - inžiniering - stavebné povolenie - vyjadrenia dotknutých organizácií a správcov sietí - hlučnosť (mail JMI)	3	1	7	termín	deklaruje poskytovateľ podmienka VO, v prípade existujúceho DC predpoklad, že je predrokované
3	Oneskorené nadobudnutie budovy s pozemkom			0	NA	
4	VO na Design&Build (vrátane inžinieringu) - zdržanie Nájom/Kúpa - zdržanie vs. ponuka trhu	3	1	7	termín	dostupnosť na trhu preverená RFI, Predchádzanie námietkam počas VO transparentnosťou celého procesu VO vrátane využitia predbežných trhových konzultácií Dôsledne a kvalitne pripravené súťažné podklady
5	Neskoré zabezpečenie príslušných povolení a vyjadrení	3	1	7	termín	viď 2
6	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - kvalitu	3	1	7	obmedzenia v inštalovanom HW	Kvalita: kvalita zadania, skorá definícia požiadaviek HW najmä na chladenie a napájanie , technický dozor investora
7	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - termín	3	3	9	termín	Čas: dočasná lokalita
8	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - cenu	3	3	9	cena	Cena: zazmluvnená pri uzavretí nájomnej zmluvy, rezerva v rozpočte (určiť mechanizmus)
9	Nedostatočné kapacity a odborná znalosť investora na poskytovanie súčinnosti	1	3	5	termín	včas zostaviť projektový tím s príslušnými kapacitami, znalosťami a právomocami
10	Nedostatočná odborná znalosť na prevádzku DC budovy	2	2	6	nespolahlivá prevádzka	nominácia personálu na prevádzku pred uzavretím nájomnej zmluvy + školenia
11	Vendor lock-in technické vybavenie DC a servis	2	3	7	prevádzkové náklady	v rámci VO aj servisné náklady na 5 rokov a cena rozšírenia Basic - Extend
12	Riziko uplatnenia možnosti kúpy v rámci nájmu	3	2	8	prevádzkové náklady	
				79		

9.5.1.5 Variant ST

Tabuľka 72: Riziká realizácie DC - variant ST

Riziká variantu a navrhované mitigácie			ST basic			
Nájom/kúpa						
ID	Riziko	Z	P	H	Dopad	Mitigácia
1	Lokalita nebude vhodná napriek deklarácii uchádzača - technická časť - energie - plocha - konektivita ...	3	1	7	obmedzenia v inštalovanom HW	deklaruje poskytovateľ podmienka VO, v prípade existujúceho DC predpoklad, že je predrokované
2	Lokalita nebude vhodná napriek deklarácii uchádzača - inžiniering - stavebné povolenie - vyjadrenia dotknutých organizácií a správcov sietí - hlučnosť (mail JMI)	3	1	7	termín	deklaruje poskytovateľ podmienka VO, v prípade existujúceho DC predpoklad, že je predrokované
3	Oneskorené nadobudnutie budovy s pozemkom			0	NA	
4	VO na Design&Build (vrátane inžinieringu) - zdržanie Nájom/Kúpa - zdržanie vs. ponuka trhu	3	1	7	termín	dostupnosť na trhu preverená RFI, Predchádzanie námietkam počas VO transparentnosťou celého procesu VO vrátane využitia predbežných trhových konzultácií Dôsledne a kvalitne pripravené súťažné podklady
5	Neskoré zabezpečenie príslušných povolení a vyjadrení	3	1	7	termín	viď 2
6	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - kvalitu	3	1	7	obmedzenia v inštalovanom HW	Kvalita: kvalita zadania, skorá definícia požiadaviek HW najmä na chladenie a napájanie , technický dozor investora
7	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - termín	3	3	9	termín	Čas: dočasná lokalita
8	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - cenu	3	3	9	cena	Cena: zazmluvnená pri uzavretí nájomnej zmluvy, rezerva v rozpočte (určiť mechanizmus)
9	Nedostatočné kapacity a odborná znalosť investora na poskytovanie súčinnosti	1	3	5	termín	včas zostaviť projektový tím s príslušnými kapacitami, znalosťami a právomocami
10	Nedostatočná odborná znalosť na prevádzku DC budovy	2	2	6	nespoľahlivá prevádzka	nominácia personálu na prevádzku pred uzavretím nájomnej zmluvy + školenia
11	Vendor lock-in technické vybavenie DC a servis	2	3	7	prevádzkové náklady	v rámci VO aj servisné náklady na 5 rokov a cena rozšírenia Basic - Extend
12	Riziko uplatnenia možnosti kúpy v rámci nájmu	3	2	8	prevádzkové náklady	
				79		

Riziká variantu a navrhované mitigácie				ST extend		
Nájom/kúpa						
ID	Riziko	Z	P	H	Dopad	Mitigácia
1	Lokalita nebude vhodná napriek deklarácii uchádzača - technická časť - energie - plocha - konektivita ...	3	1	7	obmedzenia v inštalovanom HW	deklaruje poskytovateľ podmienka VO, v prípade existujúceho DC predpoklad, že je predrokované
2	Lokalita nebude vhodná napriek deklarácii uchádzača - inžiniering - stavebné povolenie - vyjadrenia dotknutých organizácií a správcoov sietí - hlučnosť (mail JMI)	3	1	7	termín	deklaruje poskytovateľ podmienka VO, v prípade existujúceho DC predpoklad, že je predrokované
3	Oneskorené nadobudnutie budovy s pozemkom			0	NA	
4	VO na Design&Build (vrátane inžinieringu) - zdržanie Nájom/Kúpa - zdržanie vs. ponuka trhu	3	1	7	termín	dostupnosť na trhu preverená RFI, Predchádzanie námietkam počas VO transparentnosťou celého procesu VO vrátane využitia predbežných trhových konzultácií Dôsledne a kvalitne pripravené súťažné podklady
5	Neskoré zabezpečenie príslušných povolení a vyjadrení	3	1	7	termín	viď 2
6	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - kvalitu	3	1	7	obmedzenia v inštalovanom HW	Kvalita: kvalita zadania, skorá definícia požiadaviek HW najmä na chladenie a napájanie , technický dozor investora
7	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - termín	3	3	9	termín	Čas: dočasná lokalita
8	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - cenu	3	3	9	cena	Cena: zazmluvnená pri uzavretí nájomnej zmluvy, rezerva v rozpočte (určiť mechanizmus)
9	Nedostatočné kapacity a odborná znalosť investora na poskytovanie súčinnosti	1	3	5	termín	včas zostaviť projektový tím s príslušnými kapacitami, znalosťami a právomocami
10	Nedostatočná odborná znalosť na prevádzku DC budovy	2	2	6	nespoľahlivá prevádzka	nominácia personálu na prevádzku pred uzavretím nájomnej zmluvy + školenia
11	Vendor lock-in technické vybavenie DC a servis	2	3	7	prevádzkové náklady	v rámci VO aj servisné náklady na 5 rokov a cena rozšírenia Basic - Extend
12	Riziko uplatnenia možnosti kúpy v rámci nájmu	3	2	8	prevádzkové náklady	
				79		

9.5.1.6 Variant PPKK

Tabuľka 73: Riziká realizácie DC - variant PPKK

Riziká variantu a navrhované mitigácie		PPKK basic				
Nájom/kúpa						
ID	Riziko	Z	P	H	Dopad	Mitigácia
1	Lokalita nebude vhodná napriek deklarácii uchádzača - technická časť - energie - plocha - konektivita ...	3	1	7	obmedzenia v inštalovanom HW	deklaruje poskytovateľ podmienka VO, v prípade existujúceho DC predpoklad, že je predrokované
2	Lokalita nebude vhodná napriek deklarácii uchádzača - inžiniering - stavebné povolenie - vyjadrenia dotknutých organizácií a správcov sietí - hlučnosť (mail JMI)	3	1	7	termín	deklaruje poskytovateľ podmienka VO, v prípade existujúceho DC predpoklad, že je predrokované
3	Oneskorené nadobudnutie budovy s pozemkom			0	NA	
4	VO na Design&Build (vrátane inžinieringu) - zdržanie Nájom/Kúpa - zdržanie vs. ponuka trhu	3	1	7	termín	dostupnosť na trhu preverená RFI, Predchádzanie námietkam počas VO transparentnosťou celého procesu VO vrátane využitia predbežných trhových konzultácií Dôsledne a kvalitne pripravené súťažné podklady
5	Neskoré zabezpečenie príslušných povolení a vyjadrení	3	1	7	termín	viď 2
6	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - kvalitu	3	3	9	obmedzenia v inštalovanom HW	Kvalita: kvalita zadania, skorá definícia požiadaviek HW najmä na chladenie a napájanie , technický dozor investora
7	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - termín	3	3	9	termín	Čas: dočasná lokalita
8	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - cenu	3	3	9	cena	Cena: zazmluvnená pri uzavretí nájomnej zmluvy, rezerva v rozpočte (určiť mechanizmus)
9	Nedostatočné kapacity a odborná znalosť investora na poskytovanie súčinnosti	1	3	5	termín	včas zostaviť projektový tím s príslušnými kapacitami, znalosťami a právomocami
10	Nedostatočná odborná znalosť na prevádzku DC budovy	2	2	6	nespoľahlivá prevádzka	nominácia personálu na prevádzku pred uzavretím nájomnej zmluvy + školenia
11	Vendor lock-in technické vybavenie DC a servis	2	3	7	prevádzkové náklady	v rámci VO aj servisné náklady na 5 rokov a cena rozšírenia Basic - Extend
12	Riziko uplatnenia možnosti kúpy v rámci nájmu	3	2	8	prevádzkové náklady	
				81		

Riziká variantu a navrhované mitigácie		PPKK extend			
Nájom/kúpa					
ID	Riziko	Z	P	H	Mitigácia
1	Lokalita nebude vhodná napriek deklarácii uchádzača - technická časť - energie - plocha - konektivita ...	3	1	7	obmedzenia v inštalovanom HW deklaruje poskytovateľ podmienka VO, v prípade existujúceho DC predpoklad, že je predrokované
2	Lokalita nebude vhodná napriek deklarácii uchádzača - inžiniering - stavebné povolenie - vyjadrenia dotknutých organizácií a správcov sietí - hlučnosť (mail JMI)	3	1	7	termín deklaruje poskytovateľ podmienka VO, v prípade existujúceho DC predpoklad, že je predrokované
3	Oneskorené nadobudnutie budovy s pozemkom			0	NA
4	VO na Design&Build (vrátane inžinieringu) - zdržanie Nájom/Kúpa - zdržanie vs. ponuka trhu	3	1	7	termín dostupnosť na trhu preverená RFI, Predchádzanie námietkam počas VO transparentnosťou celého procesu VO vrátane využitia predbežných trhových konzultácií Dôsledne a kvalitne pripravené súťažné podklady
5	Neskoré zabezpečenie príslušných povolení a vyjadrení	3	1	7	termín viď 2
6	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - kvalitu	3	3	9	obmedzenia v inštalovanom HW Kvalita: kvalita zadania, skorá definícia požiadaviek HW najmä na chladenie a napájanie , technický dozor investora
7	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - termín	3	3	9	termín Čas: dočasná lokalita
8	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - cenu	3	3	9	cena Cena: zazmluvnená pri uzavretí nájomnej zmluvy, rezerva v rozpočte (určiť mechanizmus)
9	Nedostatočné kapacity a odborná znalosť investora na poskytovanie súčinnosti	1	3	5	termín včas zostaviť projektový tím s príslušnými kapacitami, znalosťami a právomocami
10	Nedostatočná odborná znalosť na prevádzku DC budovy	2	2	6	nespoľahlivá prevádzka nominácia personálu na prevádzku pred uzavretím nájomnej zmluvy + školenia
11	Vendor lock-in technické vybavenie DC a servis	2	3	7	prevádzkové náklady v rámci VO aj servisné náklady na 5 rokov a cena rozšírenia Basic - Extend
12	Riziko uplatnenia možnosti kúpy v rámci nájmu	3	2	8	prevádzkové náklady
				81	

9.5.1.7 Variant Right Power

Tabuľka 74: Riziká realizácie DC - variant Right Power

Riziká variantu a navrhované mitigácie			Right Power basic			
Nájom/kúpa						
ID	Riziko	Z	P	H	Dopad	Mitigácia
1	Lokalita nebude vhodná napriek deklarácii uchádzača - technická časť - energie - plocha - konektivita ...	3	1	7	obmedzenia v inštalovanom HW	deklaruje poskytovateľ podmienka VO, v prípade existujúceho DC predpoklad, že je predrokované
2	Lokalita nebude vhodná napriek deklarácii uchádzača - inžiniering - stavebné povolenie - vyjadrenia dotknutých organizácií a správcov sietí - hlučnosť (mail JMI)	3	1	7	termín	deklaruje poskytovateľ podmienka VO, v prípade existujúceho DC predpoklad, že je predrokované
3	Oneskorené nadobudnutie budovy s pozemkom			0	NA	
4	VO na Design&Build (vrátane inžinieringu) - zdržanie Nájom/Kúpa - zdržanie vs. ponuka trhu	3	1	7	termín	dostupnosť na trhu preverená RFI, Predchádzanie námietkam počas VO transparentnosťou celého procesu VO vrátane využitia predbežných trhových konzultácií Dôsledne a kvalitne pripravené súťažné podklady viď 2
5	Neskoré zabezpečenie príslušných povolení a vyjadrení	3	1	7	termín	
6	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - kvalitu	3	3	9	obmedzenia v inštalovanom HW	Kvalita: kvalita zadania, skorá definícia požiadaviek HW najmä na chladenie a napájanie , technický dozor investora
7	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - termín	3	3	9	termín	Čas: dočasná lokalita
8	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - cenu	3	3	9	cena	Cena: zazmluvnená pri uzavretí nájomnej zmluvy, rezerva v rozpočte (určiť mechanizmus)
9	Nedostatočné kapacity a odborná znalosť investora na poskytovanie súčinnosti	1	3	5	termín	včas zostaviť projektový tím s príslušnými kapacitami, znalosťami a právomocami
10	Nedostatočná odborná znalosť na prevádzku DC budovy	2	2	6	nespoľahlivá prevádzka	nominácia personálu na prevádzku pred uzavretím nájomnej zmluvy + školenia
11	Vendor lock-in technické vybavenie DC a servis	2	3	7	prevádzkové náklady	v rámci VO aj servisné náklady na 5 rokov a cena rozšírenia Basic - Extend
12	Riziko uplatnenia možnosti kúpy v rámci nájmu	3	2	8	prevádzkové náklady	
				81		

Riziká variantu a navrhované mitigácie		Right Power extend			
Nájom/kúpa					
ID	Riziko	Z	P	H	Mitigácia
1	Lokalita nebude vhodná napriek deklarácii uchádzača - technická časť - energie - plocha - konektivita ...	3	1	7	obmedzenia v inštalovanom HW deklaruje poskytovateľ podmienka VO, v prípade existujúceho DC predpoklad, že je predrokované
2	Lokalita nebude vhodná napriek deklarácii uchádzača - inžiniering - stavebné povolenie - vyjadrenia dotknutých organizácií a správcov sietí - hlučnosť (mail JMI)	3	1	7	termín deklaruje poskytovateľ podmienka VO, v prípade existujúceho DC predpoklad, že je predrokované
3	Oneskorené nadobudnutie budovy s pozemkom			0	NA
4	VO na Design&Build (vrátane inžinieringu) - zdržanie Nájom/Kúpa - zdržanie vs. ponuka trhu	3	1	7	termín dostupnosť na trhu preverená RFI, Predchádzanie námietkam počas VO transparentnosťou celého procesu VO vrátane využitia predbežných trhových konzultácií Dôsledne a kvalitne pripravené súťažné podklady
5	Neskoré zabezpečenie príslušných povolení a vyjadrení	3	1	7	termín viď 2
6	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - kvalitu	3	3	9	obmedzenia v inštalovanom HW Kvalita: kvalita zadania, skorá definícia požiadaviek HW najmä na chladenie a napájanie , technický dozor investora
7	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - termín	3	3	9	termín Čas: dočasná lokalita
8	Neschopnosť dodávateľa dodržať: - cenu	3	3	9	cena Cena: zazmluvnená pri uzavretí nájomnej zmluvy, rezerva v rozpočte (určiť mechanizmus)
9	Nedostatočné kapacity a odborná znalosť investora na poskytovanie súčinnosti	1	3	5	termín včas zostaviť projektový tím s príslušnými kapacitami, znalosťami a právomocami
10	Nedostatočná odborná znalosť na prevádzku DC budovy	2	2	6	nespoľahlivá prevádzka nominácia personálu na prevádzku pred uzavretím nájomnej zmluvy + školenia
11	Vendor lock-in technické vybavenie DC a servis	2	3	7	prevádzkové náklady v rámci VO aj servisné náklady na 5 rokov a cena rozšírenia Basic - Extend
12	Riziko uplatnenia možnosti kúpy v rámci nájmu	3	2	8	prevádzkové náklady
				81	

9.6 Finančný model

Finančný model sa nachádza v priloženom súbore HPC Finančný model.xlsx.

A Index tabuliek

Tabuľka 1: Celkové náklady na jednotlivé scenáre za 10 rokov	4
Tabuľka 2: Predpokladané výnosy za 10 rokov (konzervatívny scenár).....	5
Tabuľka 3: Predpokladané prínosy za 10 rokov (konzervatívny scenár)	5
Tabuľka 4: Prínosy HPC v jednotlivých odvetviach	9
Tabuľka 5: Priemerné prínosy investícií do HPC v Európe podľa odvetví	13
Tabuľka 6: Primárne oblasti inovácií v Európe	13
Tabuľka 7: Umiestnenie a poskytovaný výkon zariadení Tier-0 PRACE	18
Tabuľka 8: Umiestnenie a poskytovaný výkon zariadení Tier-1 PRACE	19
Tabuľka 9: Kľúčoví partneri v hodnotovom reťazci HPC v Európskej únii	21
Tabuľka 10: Kľúčoví partneri v hodnotovom reťazci HPC v Slovenskej republike	26
Tabuľka 11: Sedem pre-exascale počítače a 6 petascale počítačov.....	30
Tabuľka 12: Umiestnenie vybraných európskych HPC zariadení v Green500	31
Tabuľka 13: Technické parametre HPC Karolína	32
Tabuľka 14: Avizovaný dopyt po službách HPC	36
Tabuľka 15: Prehľad podmienok prevádzkovania zariadení HPC	48
Tabuľka 16: Prehľad počtu zamestnancov v centrách HPC	49
Tabuľka 17: Business modely zariadení HPC (EuroHPC JU)	54
Tabuľka 18: Parametre IKT - minimálna konfigurácia.....	69
Tabuľka 19: Parametre IKT - rozšírená konfigurácia	70
Tabuľka 20: Parametre IKT - experimentálna konfigurácia	71
Tabuľka 21: Nároky infraštruktúry HPC na dátové centrum	72
Tabuľka 22: Porovnanie možností	74
Tabuľka 23: Hodnotiace kritériá podľa rizika realizácie	78
Tabuľka 24: Hodnotené lokality v pre vybudovanie DC	80
Tabuľka 25: Hodnotiace Kritériá DC a súvisiace hodnotené parametre	81
Tabuľka 26: Výsledné hodnotenie podľa technických kritérií	81
Tabuľka 27: Výsledné hodnotenie podľa rizík.....	82
Tabuľka 28: Použité kombinácie váhovania dimenzií	83
Tabuľka 29: Porovnanie naprieč dimenziami pri investičných nákladoch.....	83
Tabuľka 30: Porovnanie naprieč dimenziami pri celkových nákladoch.....	83
Tabuľka 31: Investičné náklady – HW, SW.....	84
Tabuľka 32: Investičné náklady - dátové centrum (prestavba)	85
Tabuľka 33: Investičné náklady - dátové centrum (kúpa)	86
Tabuľka 34: Prevádzkové náklady (prestavba, kúpa).....	87
Tabuľka 35: Prevádzkové náklady (prenájom)	87
Tabuľka 36: Náklady na podporu ekosystému.....	88
Tabuľka 37: Predpokladaný predaj služieb HPC (konzervatívny scenár).....	89
Tabuľka 38: Predpokladaný predaj služieb HPC (scenár s podporou ekosystému).....	90
Tabuľka 39: Predpokladaný predaj služieb HPC (optimistický scenár)	90
Tabuľka 40: Ekonomické prínosy pre klientov centra HPC (konzervatívny scenár)	91
Tabuľka 41: Ekonomické prínosy pre klientov centra HPC (scenár s podporou ekosystému).....	92
Tabuľka 42: Ekonomické prínosy pre klientov centra HPC (optimistický scenár).....	92
Tabuľka 43: Predpokladané požiadavky na personálne capacity centra HPC	94
Tabuľka 44: Porovnanie nákladov a prínosov (konzervatívny scenár)	96
Tabuľka 45: Porovnanie nákladov a prínosov (scenár s podporou ekosystému)	97

Tabuľka 46: Porovnanie nákladov a prínosov (optimistický scenár).....	97
Tabuľka 47: Porovnanie nákladov a prínosov pri saturácii trhu	98
Tabuľka 48: Porovnanie predpokladov MIRRI a NSCC ako prijímateľa projektu	102
Tabuľka 49: Identifikácia rizík a návrh opatrení	110
Tabuľka 50: Členenie technického personálu centra HPC	115
Tabuľka 51: Popis krokov verejnej súťaže bez elektronickej aukcie.....	125
Tabuľka 52: Popis krokov rokovacieho konania so zverejnením	128
Tabuľka 53: Popis krokov súťažného dialógu	130
Tabuľka 54: Popis krokov inovatívneho partnerstva	132
Tabuľka 55: Verejná súťaž, porovnanie pozitív a negatív.....	134
Tabuľka 56: Rokovacie konanie so zverejnením, porovnanie pozitív a negatív	135
Tabuľka 57: Súťažný dialóg, porovnanie pozitív a negatív	136
Tabuľka 58: Inovatívny dialóg, porovnanie pozitív a negatív	137
Tabuľka 59: Prieskum – Zoznam respondentov v prieskume dopytu	160
Tabuľka 60: Odpovede v prieskume predpokladaného dopytu (otázka 4)	161
Tabuľka 61: Odpovede v prieskume predpokladaného dopytu (otázka 5)	162
Tabuľka 62: Odpovede v prieskume predpokladaného dopytu (otázka 7)	164
Tabuľka 63: Odpovede v prieskume predpokladaného dopytu (otázka 13)	168
Tabuľka 64: Odpovede v prieskume predpokladaného dopytu (otázka 17)	171
Tabuľka 65: Odpovede v prieskume predpokladaného dopytu (otázka 18)	172
Tabuľka 66: Predpokladaný rozsah požiadaviek	173
Tabuľka 68: Cenníkové ceny poskytovateľov služieb HPC	191
Tabuľka 69: Riziká realizácie DC - variant CNIC	195
Tabuľka 70: Riziká realizácie DC - variant SAV.....	197
Tabuľka 71: Riziká realizácie DC - variant TUKE	199
Tabuľka 72: Riziká realizácie DC - variant DCBA.....	200
Tabuľka 73: Riziká realizácie DC - variant ST	202
Tabuľka 74: Riziká realizácie DC - variant PPKK	204
Tabuľka 75: Riziká realizácie DC - variant Right Power	206

B Index obrázkov

Obrázok 1: Prehľad umiestnenia 500 najvýkonnejších HPC zariadení sveta	12
Obrázok 2: Štruktúra HPC ekosystému v Európskej únii a jeho hlavné oblasti z pohľadu činnosti jednotlivých subjektov	20
Obrázok 3: Počet HPC v Top10 podľa krajiny	33
Obrázok 4: Podiel z celkovej výpočtovej kapacity podľa regiónu	34
Obrázok 5: Predikcia minimálnej energetickej efektívnosti potrebnej pre vstup do Green Top10.....	35
Obrázok 6: Predikcia minimálneho výkonu potrebného pre vstup do Top10 najvýkonnejších HPC	35
Obrázok 10: Porovnanie nákladov s Variantom 0	99
Obrázok 11: Náklady na prestavbu do konca 2025	105
Obrázok 12: Náklady na prestavbu podľa zdrojov financovania (10 rokov).....	106
Obrázok 13: Náklady na kúpu podľa zdrojov financovania (10 rokov).....	107
Obrázok 14: Harmonogram hlavných skupín aktivít projektu	109
Obrázok 15: Navrhovaná štruktúra slovenského HPC ekosystému	118
Obrázok 16: Štruktúra poskytovania prostriedkov a oprávnení I	147
Obrázok 17: Štruktúra poskytovania prostriedkov a oprávnení II	147
Obrázok 18: Odpovede v prieskume predpokladaného dopytu (otázka 6).....	163
Obrázok 19: Odpovede v prieskume predpokladaného dopytu (otázka 8).....	165
Obrázok 20: Odpovede v prieskume predpokladaného dopytu (otázka 9).....	165
Obrázok 21: Odpovede v prieskume predpokladaného dopytu (otázka 10).....	166
Obrázok 22: Odpovede v prieskume predpokladaného dopytu (otázka 11).....	166
Obrázok 23: Odpovede v prieskume predpokladaného dopytu (otázka 12).....	167
Obrázok 24: Odpovede v prieskume predpokladaného dopytu (otázka 14).....	169
Obrázok 25: Odpovede v prieskume predpokladaného dopytu (otázka 15).....	169
Obrázok 26: Odpovede v prieskume predpokladaného dopytu (otázka 16).....	170