

**Závěrečná zpráva o realizaci projektu
velké výzkumné infrastruktury (VVI)
2016-2019
CERN-CZ**

Celý název VVI: Výzkumná infrastruktura pro experimenty v CERN

Kód VVI: LM2015058

Příjemce: Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i.

Další účastník/účastníci VVI:

České vysoké učení v Praze

Technická univerzita v Liberci

Univerzita Karlova

Univerzita Palackého v Olomouci

Ústav jaderné fyziky AV ČR, v. v. i.

Západočeská univerzita v Plzni

Hlavní řešitel VVI: doc. Mgr. Alexander Kupčo, Ph.D.

Webová stránka VVI: <http://www.particle.cz/infrastructures/cern-cz/index.html>

ČÁST I. - POPIS

A. Poslání VVI, základní přehled

I. Popište poslání a cíle VVI, rozsah služeb, které VVI poskytuje vědecké komunitě, zaměření aktivit VVI, kapacity věnované hostitelskou institucí a projektovými partnery, stav vývoje VVI na začátku a na konci podpůrčího období.

VVI CERN-CZ organizuje a podporuje účast univerzit a výzkumných institucí z ČR v mezinárodní laboratoři CERN (Evropská organizace pro jaderný výzkum) v Ženevě. CERN s největším urychlovačem na světě LHC (Large Hadron Collider) hraje celosvětově vůdčí roli ve výzkumu fyziky elementárních částic a chování hmoty při extrémně vysokých energiích. Cílem výzkumu v CERN je rozšíření našich znalostí o základních zákonitostech, jimiž se v přírodě řídí chování hmoty, včetně principů, podle kterých se vyvíjí náš vesmír.

Mezinárodní organizace CERN byla založena v roce 1954 dvanácti evropskými zeměmi. Dnes má CERN celkem 23 členských zemí, které se starají o provoz laboratoře. ČR je členem CERN od roku 1992 (v té době ještě jako Česká a Slovenská Federativní Republika). Rada CERN autorizovala rozšíření mandátu i mimo Evropu a v prosinci 2013 se stal Izrael prvním neevropským členským státem organizace. Od svého založení je CERN již 65 let zářným příkladem mezinárodní spolupráce a excelence v částicové fyzice.

CERN se především soustřeďuje na základní výzkum vlastností hmoty při extrémních energiích. Primárním uživatelem je tedy akademická vědecká komunita, tj. vědci z univerzit a laboratoří celého světa, s velkým, zhruba třetinovým podílem studentů. Na výzkumu se v CERN podle aktuálních údajů z roku 2018 podílí celkem 12 569 odborníků z celého světa, z nich je 7 385 z členských zemí CERN a mezi nimi je 258 odborníků (3,5 % z členských zemí) z českých výzkumných institucí.

CERN provozuje v současnosti celou řadu urychlovačů a experimentů. Nejznámější a nejvýznamnější je urychlovač LHC uvedený do plného provozu na sklonku roku 2009, po patnácti letech od schválení projektu. LHC a experimenty na něm pracují úspěšně. Nejvýznamnějším dosavadním výsledkem je objev Higgsova bosonu v roce 2012 v experimentech ATLAS a CMS. LHC dodal za dobu svého provozu několik desítek inverzních femtobarnů (fb^{-1}) proton-protonových srážek při těžišťové energii 7 a 8 TeV a 150 fb^{-1} při těžišťové energii 13 TeV, což je největší energie protonových srážek dosažená v pozemské laboratoři. Větší energie a vyšší intenzita srážek umožňuje podrobnější výzkum vlastností Higgsova bosonu a rozšiřuje oblast pro hledání nových částic a jevů v oblasti fyziky částic a ultra-relativistické jaderné fyziky. To bylo hlavním vědeckým programem experimentů na LHC v letech trvání projektu 2016-2019 a to také definovalo hlavní vědecké cíle VVI CERN-CZ v reportovaném období.

V odstávce plánované v 2025-2027 dojde k modernizaci urychlovače a k výraznému zvýšení kapacity LHC, tzv. High Luminosity Upgrade (HL-LHC). Experimenty je nutné také zmodernizovat, aby byly vůbec schopny zaznamenávat srážky mnohem intenzivnějších svazků částic. Kromě podílu na provozu experimentů byla příprava na HL-LHC upgrade experimentů ATLAS a ALICE hlavní náplní činnosti VVI CERN-CZ.

Cílem VVI CERN-CZ je podpora vývoje, výstavby, údržby a provozování vědeckých zařízení na experimentech v CERN s českou účastí. To zahrnuje i lokální infrastrukturu a laboratoře v ČR, které jsou nezbytné pro výzkum, vývoj a výrobu těchto detektorů, a výpočetní prostředky pro zpracování dat. VVI rozvíjí nové technologie pro detektory částic včetně jejich aplikací, především v oblasti kalorimetrie a polovodičových dráhových detektorů. Technický záběr VVI se týká následujících oblastí:

- konstrukce detektorů,
- vývoj radiačně odolných polovodičových detektorů a elektroniky,
- chlazení,
- kryogeniky,
- vakuových technologií,
- elektronického a mechanického designu,
- zpracování extrémních objemů dat.

Portfolio služeb zahrnuje: provoz a údržbu detektorů, především těch, na jejichž stavbě se české instituce podílely; modernizaci a budování nových detektorů; provoz výpočetního centra, které slouží jako národní Tier2 centrum v počítačové síti CERN; koordinaci projektů v CERN s českou účastí v součinnosti s Výborem pro spolupráci ČR s CERN; zastoupení a výkon práv naší země v řídicích a poradních orgánech mezinárodní organizace CERN a jednotlivých experimentů.

Unikátní vědecká experimentální zařízení, na jejichž stavbě se české instituce podílely, tvoří jádro VVI. Spoluúčast na jejich provozu a modernizaci je nutnou podmínkou, která umožňuje českým vědcům volný přístup k jedinečným datům. To je základní přínos VVI pro její uživatelskou komunitu. Vědci z českých výzkumných institucí tak mohou přispět adekvátním dílem ke světovým výsledkům částicové a jaderné fyziky, které experimenty v CERN produkují.

Do činnosti VVI CERN-CZ jsou zapojeny tyto výzkumné instituce:

- Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., (dále jen FZÚ AV ČR), hostitelská instituce,
- České vysoké učení v Praze (ČVUT),
- Technická univerzita v Liberci (TUL),
- Univerzita Karlova (UK),
- Univerzita Palackého v Olomouci (UPOL),
- Ústav jaderné fyziky AV ČR, v. v. i. (ÚJF AV ČR),
- Západočeská univerzita v Plzni (ZČU).

V rámci VVI české výzkumné instituce přispívají k následujícím experimentům a projektům v CERN:

- experimenty na LHC: ATLAS, ALICE, TOTEM, MoEDAL,
- další experimenty mimo LHC: COMPASS, NA62, AEGIS, OSQAR, nTOF, WITCH,
- výzkumné a vývojové projekty: MEDIPIX/TIMEPIX, AIDA, RD50, RD53, RD18, CALICE, FCC.

Instituce sdružené ve VVI se podílely na návrhu, výstavbě, testování a uvedení do provozu klíčových součástí detektoru ATLAS (<https://atlas.cern/>) a ALICE (<http://aliceinfo.cern.ch/>). V případě experimentu ATLAS to byly: vnitřní dráhový detektor (pixelové, stripové a driftové polovodičové detektory), hadronový kalorimetr TileCal, detektory dopředných protonů ALFA a AFP, detektory pro měření radiačního pozadí ATLAS-MPX a radiační stínění mionového detektoru. V případě experimentu ALICE se jednalo o elektromagnetický kalorimetr PHOS. Odborníci z CERN-

CZ přispěli k řešení řady problémů při výstavbě detektorů, jako chlazení polovodičových detektorů, elektronika, radiační stínění a další, a jsou intenzivně zapojeni do modernizace těchto detektorů pro HL-LHC. Také se podílí na zajišťování provozu a údržbě detektorů při sběru experimentálních dat na urychlovači LHC. Obdobně přispěli i v rámci ostatních experimentů v CERN s účastí domácích pracovišť.

Během výstavby a zajištění práce detektorů byla na domácích pracovištích vybudována v dalších odstavcích popsaná vyspělá infrastruktura využívaná vysoce kvalifikovanými týmy odborníků.

Pro testování, vývoj a výrobu polovodičových detektorů:

- čisté laboratoře ve FZÚ AV ČR, UK, ČVUT a ÚJF AV ČR,
- zařízení pro velmi přesné testování kvality polovodičových senzorů,
- automatické a manuální testovací stanice,
- metrologické stanice,
- zařízení pro testování pomocí laseru, rentgenového záření, radioaktivních zářičů a metodika pro testování pomocí urychlovačů,
- elektronické a mechanické dílny,
- optické dílny na UPOL.

Tato infrastruktura je v současné době používána pro plnění závazku CERN-CZ týkající se HL-LHC modernizace experimentů ATLAS a ALICE. Nejvýznamnějším výsledkem v letech 2016-2019 je vybudování čisté laboratoře pro testování stripových polovodičových detektorů a montáž modulů pro stavbu nového dráhového detektoru (ITk) experimentu ATLAS. Laboratoř byla zbudována z prostředků VVI CERN-CZ za výrazného přispění hostitelské a partnerských institucí, které se postaraly o investiční vybavení laboratoře v rozsahu cca. 20 milionů Kč. Hostitelská instituce dále poskytla čisté prostory.

Pro modelování vlastností, návrhu a výroby detektorů jsou používány následující nástroje: program GEANT4 pro průchod částic hmotným prostředím, program SILVACO pro modelování výroby polovodičových senzorů, specializované programy pro detektory ATLAS a ALICE a nástroje pro návrh a modelování mikroelektronických obvodů CADENCE a TCAD.

VVI také disponuje na UK moderně vybavenou laboratoří pro vývoj a testování plynových detektorů. Nízkoteplotní milikelvinové technologie na UK jsou pak využívány pro návrh a vývoj polarizovaných terčů pro experiment COMPASS.

Optické laboratoře ve Společné laboratoři optiky, provozované FZÚ AV ČR a UPOL, posloužily k vývoji a výrobě optických částí časového detektoru pro detektor dopředných detektorů AFP, který je součástí aparatury experimentu ATLAS.

Pro potřeby velkokapacitního zpracování dat experimentů v částicové fyzice vzniklo před více než 10 lety ve FZÚ AV ČR dedikované výpočetní centrum. Centrum bylo rozšířeno o externí pracoviště v ÚJF AV ČR, kde se nachází především diskové prostory. Zdroje centra, cca 6 400 CPU o výkonu 66 tisíc jednotek HS06 a 4 PB diskového prostoru, slouží i pro neutrinové experimenty ve Fermilab a pro astročásticové experimenty. Pro experimenty na LHC zajišťuje toto výpočetní centrum provoz tzv. Tier2 centra v hierarchii výpočetních center CERN a dále zajišťuje kapacity pro uživatele VVI pro lokální zpracování dat.

Hlavním cílem VVI je plnění závazků našich institucí vůči experimentům v CERN, ať už finančních, provozních nebo podílu na budování nových detektorů. Jednotlivé LHC experimenty prezentují dvakrát do roka na LHC RRB (LHC Resource Review Board – rada složená ze zástupců národních agentur financujících výstavbu a provoz LHC experimentů) dosažené výsledky, včetně přehledu příspěvků za jednotlivé národní agentury. V LHC RRB je zastoupeno i MŠMT, které tak provádí kontrolu výsledků VVI CERN-CZ a plnění závazků českých institucí. Konstatujeme, že po dobu trvání projektu, v letech 2016-2019, byly mezinárodní závazky našich institucí plněny. Dalšími výstupy CERN-CZ jsou publikace převážně technického a provozního charakteru, které vznikly při rozvoji a provozu VVI. Ty jsou pravidelně vykazovány v ročních zprávách VVI, spolu s vědeckými články uživatelů, které vznikly na zařízeních společně provozovaných VVI CERN-CZ, viz body II-A-I a II-A-II.

B. Struktura managementu a výzkumného týmu

I. Popište strukturu vedení a organizační strukturu VVI, proměny v průběhu podpůrného období a zakotvení v rámci hostitelské instituce (institucí).

Organizace managementu VVI vychází z minulé úspěšné zkušenosti domácích řešitelských týmů s výstavbou detektorů v CERN a zajištěním jejich provozu a ze strategických výzkumných směrů pracovišť sdružených ve VVI. Specifikem VVI CERN-CZ je velký počet partnerských institucí, neboť tato infrastruktura organizuje a zajišťuje účast prakticky všech českých institucí na experimentech v CERN.

Hostitelskou institucí VVI je FZÚ AV ČR. Fyzika elementárních částic je jednou z prioritních oblastí výzkumu v hostitelské instituci. To se odráží i v organizační struktuře ústavu, kde má částicová fyzika svoji vlastní sekci. Sekce fyziky elementárních částic má pak čtyři oddělení: Oddělení experimentální fyziky částic, Oddělení vývoje detektorů a zpracování dat, Oddělení teorie částic a kosmologie a Oddělení astročásticové fyziky.

FZÚ AV ČR hraje dlouhodobě vůdčí roli v organizaci české částicové komunity a její účasti v CERN. Po celou dobu členství ČR v CERN byl ústav hlavním příjemcem dotací na spolupráci českých výzkumných pracovišť s CERN. Na jeho půdě pracuje rovněž příslušný poradní orgán MŠMT – Výbor pro spolupráci ČR s CERN (VS CERN). FZÚ AV ČR podporuje výzkum v CERN budováním laboratoří používaných pro vývoj a konstrukci částí experimentálních aparatur v CERN. Ve FZÚ AV ČR se také nachází výpočetní centrum určené především pro částicovou fyziku, využívané i pro astročásticovou fyziku a pro fyziku pevných látek. Během minulé dekády investoval FZÚ AV ČR více než 50 milionů Kč na výstavbu, zařízení a provoz laboratoří a přibližně 8 milionů Kč ročně vydává na provoz výpočetního centra, z toho cca 6 milionů Kč odpovídá potřebám experimentů v CERN.

Management VVI spočívá na dvou pilířích: jednak na účasti v managementu laboratoře CERN a v managementu jednotlivých experimentů, jednak na vlastním řízení VVI.

Hlavním řídicím orgánem CERN je Rada CERN (CERN Council). Každá členská země má v Radě jeden hlas a má právo vyslat nejvýše dva delegáty do Rady CERN. Na zasedáních mohou být delegáti doprovázeni dalšími poradci. Zpravidla je jeden delegát z politické reprezentace země a jeden delegát vědecký. V případě ČR jsou delegáty v Radě CERN velvyslanec při stálé misi ČR v Ženevě a

vědecký delegát jmenovaný MŠMT. Vědecký delegát je členem Výboru pro spolupráci ČR s CERN, v současnosti je předsedou tohoto poradního orgánu MŠMT. Rada CERN volí předsedu Rady a dva místopředsedy. Rada jmenuje generálního ředitele CERN na jedno pětileté období a schvaluje jeho vedoucí tým. Ředitel informuje Radu o stavu laboratoře, předkládá Radě návrh rozpočtu a střednědobý plán rozvoje organizace a předkládá návrhy na rozšíření CERN o nové asociované nebo plné členy CERN. Rada CERN má několik podřízených orgánů, poradní orgán ECFA (European Committee for Future Accelerators – ČR je zastoupena třemi delegáty) a externí auditory (zpravidla obdoba Nejvyššího kontrolního úřadu z některé členské země CERN), v současnosti z Finska (National Audit Office of Finland).

Podřízenými orgány Rady CERN jsou: Finanční výbor (CERN Finance Committee), Výbor pro vědeckou politiku (Scientific Policy Committee), TREF (Tripartite Employment Conditions Forum), SACA (Standing Advisory Committee on Audits) a PFGB (Pension Fund Governing Board). Ve Finančním Výboru má ČR dva delegáty, z nich je jeden i delegátem v TREF.

Aktivity v nejdůležitějších experimentech na urychlovači LHC (v případě ČR jde o experimenty ATLAS, ALICE, TOTEM a vědecké výpočty LHC Grid) jsou prezentovány a schvalovány na zasedáních LHC RRB. Na těchto zasedáních zastupují ČR delegáti MŠMT a vedoucí jednotlivých experimentů v ČR. Závazky v rámci experimentů jsou součástí *memorand o porozumění* (MoU) pro jednotlivé experimenty.

Zajištění účasti na zasedáních Rady CERN, podřízených a poradních orgánů a provoz sekretariátu VS CERN je součástí finančního plánu VVI CERN-CZ. Stejně je tomu i se zajištěním reprezentace českých institucí v řídicích orgánech jednotlivých experimentů a projektů v CERN.

Hlavním řídicím orgánem VVI CERN-CZ je výkonná rada vedená odpovědnou osobou VVI.

Výkonná rada má v současnosti 14 členů:

- Alexander Kupčo (FZÚ AV ČR), předseda,
- Guillermo Contreras (ČVUT),
- Tomáš Davídek (UK), řešitel LTT17018,
- Zdeněk Doležal (UK),
- Vjačeslav Georgiev (ZČU),
- Jiří Chudoba (FZÚ AV ČR), řešitel OPVVV
- Filip Křížek (ÚJF AV ČR),
- Jiří Kvita (UPOL),
- Rupert Leitner (UK),
- Vojtěch Petráček (ČVUT),
- Karel Smolek (ČVUT),
- Miroslav Šulc (TUL),
- Michal Šumbera (ÚJF AV ČR),
- Václav Vrba (ČVUT).

Jsou v ní zástupci všech partnerských institucí VVI, zástupci hlavních pracovních skupin, odpovědný řešitel přidruženého projektu v operačním programu Výzkum, vývoj a vzdělávání (OP VVV) J. Chudoba, odpovědný řešitel projektu LTT17018 „Získávání nových poznatků o mikrosvětě v infrastruktuře CERN“ programu Inter-excellence T. Davídek a předseda Výboru pro spolupráci ČR s CERN (VS CERN) R. Leitner. Rada se schází podle potřeby, minimálně čtyřikrát do roka. Řídí

provozní záležitosti VVI, připravuje a kontroluje plnění ročních finančních plánů, dohlíží na plnění závazků českých institucí a připravuje podklady pro průběžné a závěrečné zprávy. Dále dohlíží na průběh plnění přidruženého investičního projektu OP VVV.

II. Popište složení a fungování dozorujících a poradních orgánů (jsou-li ustaveny):

Dohled nad činností výkonné rady vykonává VS CERN. Výbor je poradním orgánem MŠMT a má více než dvacetiletou zkušenost se všemi aspekty členství ČR v CERN. VS CERN pracuje ve FZÚ AV ČR, jenž je zároveň hostitelskou institucí VVI. Tvoří ho zástupci příslušných ministerstev, ústavů Akademie věd České republiky a univerzit spolupracujících na projektech CERN a rovněž zástupci ČR v řídicích a poradních orgánech CERN a také vedoucí největších experimentů, členem je rovněž odpovědný řešitel VVI CERN-CZ.

VS CERN se schází pravidelně alespoň 4x ročně před schůzemi vrcholných orgánů CERN a finančních orgánů hlavních experimentů. Na zasedáních VS CERN jsou projednávána stanoviska delegací na jednání Rady CERN a dalších orgánů. Na těchto zasedáních také referuje předseda výkonné rady VVI CERN-CZ o činnosti VVI. VS CERN se vyjadřuje k práci výkonné rady a schvaluje důležité návrhy předložené jejím předsedou, např. složení vědecké rady apod. Předseda VS CERN je také členem výkonné rady VVI CERN-CZ.

Roli poradního orgánu infrastruktury plní vědecká rada. Skládá se z externích renomovaných odborníků, kteří byli vybráni tak, aby jejich odborná kvalifikace odpovídala hlavním výzkumným záměrům VVI. V současnosti má pět členů:

- Josef Žáček (UK, Praha), předseda,
- Federico Antinori (Universita e INFN, Padova),
- Stanislav Tokár (Univerzita Komenského v Bratislavě),
- Wolfgang Lohmann (Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Hamburk)
- Frank Simon (Max-Planck-Institut für Physik, Mnichov).

Rada se schází jednou do roka v prosinci v hostitelské instituci. V úvodním otevřeném zasedání společném s výkonnou radou VVI, na které jsou zváni i členové VS CERN, jsou představeny rozpočet a hlavní aktivity VVI v uplynulém roce a diskutují se plány na další roky. V druhé, uzavřené části, vědecká rada formuluje svá stanoviska a doporučení. Ty jsou pak formou zápisu předloženy výkonné radě VVI a VS CERN. Vědecká rada hodnotí úroveň odborných a provozních aktivit infrastruktury, vyjadřuje se a dává doporučení k nově plánovaným aktivitám a k dlouhodobému strategickému plánu infrastruktury. Dále se vyjadřuje k rozpočtu za uplynulý rok a hodnotí efektivitu využití finančních zdrojů. Zápisy z posledních tří zasedání vědecké rady jsou přiloženy ke zprávě jako dodatky.

III. Popište obecně (ne se jmény) lidské zdroje v průběhu celého podpůrčího období – klasifikace zaměstnanců a najatých osob, vč. Výše úvazku (FTE). Vyplňte tabulku (pokud je to potřebné, převedte výkaz počtu hodin na FTE):

Počet úvazků	2016	2017	2018	2019
Starší vědeckí pracovníci	11,31	11,26	8,23	8,68
Mladší vědeckí pracovníci	3,67	3,29	3,37	4,69
Ph.D. studenti	3,16	3,88	2,13	1,95
Studenti	0,96	0,93	1,45	1,45
Technické pozice	4,79	4,29	5,34	4,68
Administrativní pracovníci	1,10	1,19	1,43	1,47
Jiní	0,07	0	0	0
Celkem	25,04	24,83	21,94	22,92

Provoz infrastruktury CERN-CZ vyžaduje cca 50 úvazků (Full Time Equivalent - FTE). Z nich byla formou hlavního pracovního poměru (HPP), dohod o pracovní činnosti (DPČ) a dohod o provedení práce (DPP) pokryta ze zdrojů VVI CERN-CZ pouze část ve výši cca 10 FTE. Zbytek osobních nákladů nesly instituce VVI CERN-CZ. Potřebné pracovní kapacity byly zajištěny v náplni práce příslušných pracovníků. Detaily jsou k dispozici v části III-A-II.

V tabulce uvádíme lidské zdroje, jejichž činnost byla hrazena alespoň částečně ze zdrojů VVI CERN-CZ, tj. kromě pracovníků na HPP, DPP a DPČ se jedná o pracovníky, kteří obdrželi z prostředků VVI osobní ohodnocení nebo odměnu. Pracovníci, kteří nečerpali osobní náklady z rozpočtu VVI, nejsou v tabulce evidováni.

Starší vědeckí pracovníci s Ph.D. se v roce 2018 podíleli na provozu cca 38%, mladší vědeckí pracovníci s Ph.D. jsou zastoupeni 15%, Ph.D. studenti 10%, technici a inženýři včetně IT 24% a administrativní a jiné pozice odpovídaly 6% z evidované činnosti. Složení týmu bylo časově stabilní a obdobná čísla platí i pro ostatní roky.

Větší experimenty jako ATLAS a ALICE evidují v souvislosti s Memorandy o porozumění týkajícími se provozu a údržby experimentů, kolik jednotlivé členské instituce poskytly lidských zdrojů pro různé účely. Experiment ATLAS eviduje směny odsloužené v kontrolní místnosti, směny odsloužené experty zodpovědnými za jednotlivé části aparatury a dále eviduje i příspěvek pracovníků VVI k technickému provozu detektoru. Na základě Memorand o výstavbě pak eviduje vklad institucí do HL-LHC modernizace experimentu ATLAS. Za rok 2018 byl takto českými institucemi z VVI CERN-CZ vykázán ekvivalent 24,4 FTE, podrobnosti viz část I-D-II. Experiment ALICE eviduje pouze směny v kontrolní místnosti. Zde české instituce v roce 2018 odsloužily 130 směn, tedy cca 0,5 FTE. Menší experimenty obdobně podrobnou evidenci nevedou. Celkově tak jednotlivé experimenty v CERN evidují institucím z CERN-CZ rozsah prací kolem 25 FTE.

Rozsah činnosti CERN-CZ je samozřejmě větší, kromě neevidovaných činností na experimentech v CERN (technické práce a modernizace experimentu ALICE, ostatní menší experimenty) se jedná o lidské zdroje pracující na výzkumných a vývojových projektech v CERN, vedení a zastupování ČR a českých institucí v orgánech a projektech v CERN, práce v lokálních laboratořích a počítačovém centru, jakož i administrace VVI.

C. Struktura uživatelů a využívání

I. Popište kapacitu a přístrojové vybavení věnované VVI hostitelskou institucí a dalšími účastníky, principy poskytování přístupu k VVI, odhadněte počet přístupů z ČR a ze zahraničí a rozsah využití VVI (např. objem vyprodukovaných dat, počet výzkumných hodin, rozsah poskytnutých služeb).

Výzkumné instituce VVI CERN-CZ se účastní mezinárodních experimentů v CERN, tím je definován okruh a struktura uživatelů. Přístup uživatelů k datům se řídí pravidly jednotlivých experimentů a obecnými pravidly laboratoře CERN. Přístup je organizován na institucionální úrovni z toho důvodu, že i experimenty jsou spravovány sdruženými výzkumnými institucemi a jsou financovány národními agenturami, jak bylo popsáno výše. Pravidla pro přístup a způsob využití a prezentace dat a získaných výsledků schvaluje vrcholný orgán experimentu, tzv. institucionální rada experimentu (Collaboration Board). V ní má každá instituce svého zástupce s hlasovacím právem.

Obecně, přístup k experimentu je otevřený pro všechny výzkumné instituce z celého světa, nejen pro instituce z členských zemí CERN. O přijetí rozhoduje demokratickým hlasováním Collaboration Board experimentu. Jedním z hlavních kritérií je přidáná hodnota, kterou kandidátská instituce přináší experimentu z hlediska provozu, údržby a modernizace. Tento model financování experimentů v CERN implikuje duální postavení institucí. Aby mohly využívat zařízení pro vědecké účely, musí se podílet na provozních nákladech a přispět k modernizaci aparatury. Zároveň se pak mohou výzkumníci z těchto institucí zapojit do vědeckého programu.

Tím, že VVI CERN-CZ poskytuje prostředky pro provoz těchto zařízení, plní vůči české částicové komunitě roli portálu umožňující přístup k datům experimentů v CERN a tím i účast na unikátním vědeckém výzkumu v CERN. CERN-CZ je otevřená pro nové české instituce, které si přejí zapojit se do aktivit v CERN. Spolu s VS CERN je připravena těmto novým kandidátům pomoci a poskytnout jim podporu. Posledním příkladem je Západočeská univerzita v Plzni, která se stala členem experimentu TOTEM v roce 2013 a technickým asociovaným členem experimentu ATLAS v roce 2019.

Údaje o velikosti české a zahraniční skupiny uživatelů a o využití zdrojů jsou uvedeny v následující části I-C-II. Zde uvádíme detailnější popis dvou hlavních lokálních zařízení provozovaných VVI CERN-CZ za účelem podpory experimentů v CERN.

WLCG Tier-2 středisko pro zpracování dat

Zpracování dat z experimentů LHC se provádí na distribuované infrastruktuře Worldwide LHC Computing Grid (WLCG), která propojuje výpočetní a úložné kapacity z celého světa. V České republice provozujeme středisko na úrovni Tier-2, které podporuje experimenty ALICE a ATLAS. Většinu zdrojů tohoto střediska provozujeme v serverovně ve FZÚ, další výpočetní servery se nacházejí v serverovnách MFF UK v Troji a další diskové servery jsou umístěny v ÚJF v Řeži. Postupně jsme obnovovali hardware pomocí investic z OP VVV a institucionálních zdrojů. Výpočetní zdroje sdílíme s dalšími projekty podle poměru finančních zdrojů dodaných těmito projekty. To vede k prakticky nepřetržitému maximálnímu využití výpočetních serverů. Sdílení diskových kapacit není vhodné, protože data jsou uložena relativně dlouhodobě, ale tam, kde je to možné, využíváme alespoň společné databáze a hraniční servery, tzv. SE (Storage Element).

Uživatelé k těmto zdrojům přistupují pomocí gridových nástrojů. Rozhraní pro koncové uživatele je závislé na experimentu. Experiment ALICE využívá vlastní systém AliEn, experiment ATLAS

používá systém PanDa pro distribuci výpočetních úloh a Rucio pro přenosy dat a přístup k nim. Každý člen experimentu má přes tyto nástroje přístup k prostředkům zapojeným do WLCG. Na konci roku 2019 dosáhla výpočetní kapacita Tier-2 centra 8000 výpočetních jader, z toho bylo 5000 určeno pro VVI CERN-CZ. Pro porovnání dodaného výpočetního výkonu se používají jednotky HS06, průměrný výkon novějších výpočetních jader se zapnutým HT u nás dosahuje 10 HS06/jádro. Naše oficiální závazky vůči experimentům ALICE a ATLAS činily 30 000 HS06 a 3400 TB diskového prostoru. Tyto závazky jsme splnili a v případě výpočetního času výrazně překročili díky využití staršího hardware a minimalizaci odstávek. Nově zakoupené výpočetní klastry v letech 2018 a 2019 mají celkovou kapacitu pro VVI CERN 33 360 HS06. Celkem jsme pro WLCG dodali v roce 2019 605 milionů hodin normalizovaných na jednotku HS06. O rok dříve to bylo o 10% méně. Využitelná kapacita diskových serverů z let 2017 a 2018 dosahuje 2 800 TB, zbytek doplňujeme staršími servery. V roce 2019 jsme ve spolupráci s CESNET zvýšili naši kapacitu připojení do dedikované sítě LHCONe na 100 Gbps a do veřejného internetu na 40 Gbps.

Laboratoř pro testování křemíkových detektorů částic

Ve FZÚ AV ČR byla v rámci VVI vybudována zcela nová laboratoř pro testování křemíkových detektorů částic o celkové ploše 52 m². Úroveň čistoty prostředí v laboratoři je ISO 7 dle normy ISO 14644-1 a laboratoř splňuje také podmínky ochrany před poškozením vybavení laboratoře či testovaných vzorků elektrostatickým nábojem. K infrastruktuře laboratoře patří převlékácí místnost s laminárním prouděním vzduchu, technický koridor a technická místnost.

Základním měřicím zařízením v laboratoři pro testování křemíkových detektorů částic je testovací stanice, tzv. Probe Station, která umožňuje kontaktovat nejrůznější testovací body na senzoru a provádět na nich elektrické testy. V současnosti je laboratoř vybavena dvěma testovacími stanicemi, starším typem Karl Suss PA200 a zcela novým typem testovací stanice Tesla 200mm. Mechanické vlastnosti stripových křemíkových senzorů jsou studovány pomocí metrologické stanice OGP SmartScope CNC 500. Sensory jsou skladovány ve speciální vysoušecí skříni MP Dry Cabinet IV ST, ve které je udržována inertní dusíková atmosféra a relativní vlhkost pod jedno procento. Testování elektrických vlastností ozářených senzorů se provádí při teplotách pod -20 °C, aby se předešlo nekontrolovaným změnám ve struktuře křemíku poškozeného zářením. Pro testování při takto nízkých teplotách se využívá tzv. studená měřicí aparatura, kdy jsou ozářené senzory nejprve nabondovány na připravené testovací struktury pomocí automatické bondovací stanice F&S Bondtec řady 58XX či manuální bondovací stanice Delvotec 5330. Takto připravené vzorky jsou následně testovány buď v mrazáku nebo v environmentální komoře Binder MK 56, tedy v prostředí s kontrolovanou teplotou a relativní vlhkostí.

Měření elektrických vlastností ozářených křemíkových senzorů může být prováděno také v testovací stanici Tesla 200mm, která umožňuje chlazení vzorku až na -55 °C. K experimentálnímu vybavení laboratoře patří samozřejmě také řada měřicích přístrojů, z nichž nejvýznamnější jsou tzv. Source Measure jednotky Keithley 2657A, Keithley 237, Keithley 2410-C, Keithley 2611A, Keithley 248 a TTI CPX400SP 420, LCRmetry Wayne Kerr 6440B a HP (Agilent) 4284A a switching systémy Pickering a Keithley 7001 s kartami Keithley 7036 a Keithley 7153. Elektrické vlastnosti křemíkových senzorů jsou měřeny také velice přesnými multimetry Keithley 6517A, Keithley 6517B, Keithley 487 a Keysight 34401A. Analogové a digitální signály je pak možné analyzovat pomocí výkonného osciloskopu Tektronix MSO 70404.

Rozložení elektrického pole v křemíkových senzorech, jakož i detekční vlastnosti těchto senzorů, je nově možné studovat také pomocí speciální laserové Edge-TCT aparatury. Provoz laboratoře vyžaduje přítomnost rozvodu čistého a suchého stlačeného vzduchu, dusíku a vakua, přičemž tato média si připravujeme sami pomocí bezolejového kompresoru Renner SLDK-S 7.5, dusíkového generátoru IMT PN OnTouch 1250 OV a bezolejové vývěvy SCROLLVAC 15 plus 1-ph. Všechny tyto přístroje jsou umístěny v technické místnosti laboratoře.

Úroveň čistoty laboratoře je průběžně monitorována pomocí zařízení Kanomax model 3887. Pro přípravu vzorků k odeslání využíváme zařízení Komet PlusVac 20, které nám umožňuje umístit vzorek do antistatického obalu, z něhož je před uzavřením vyčerpán vzduch.

II. Popište strukturu uživatelů VVI, rozsah jejich vědecké specializace, rozdělení podle jejich afiliace (university, veřejné výzkumné organizace, průmyslové podniky). Sdělte počet uživatelů (subjektů, nikoli jednotlivých přístupů) z ČR a ze zahraničí.

Česká uživatelská komunita experimentů v CERN, a tedy i uživatelů služeb VVI CERN-CZ, čítá v současné době 258 členů (údaj z konce roku 2018). Experimenty s největší českou účastí jsou ATLAS (cca 140 uživatelů ze 4 institucí), ALICE (cca 30 uživatelů ze 2 institucí) a COMPASS (cca 30 uživatelů ze 2 institucí). Českou komunitu tvoří cca 40% vědeckých pracovníků (včetně post-doktorandů), 20% doktorandů, 15% studentů magisterského a bakalářského studia a 25% inženýrů a techniků.

Mezinárodní komunita uživatelů služeb VVI CERN-CZ je díky silně internacionálnímu charakteru výzkumu v CERN velmi široká. Jen u dvou největších experimentů s českou účastí čítá téměř 5000 členů, měřeno počtem publikujících autorů. Experiment ATLAS jich má cca 3000, experiment ALICE pak cca 1900. Typicky třetina z nich jsou doktorandi, třetina juniorští vědečtí pracovníci (post-doktorandi) a třetina starší vědečtí pracovníci. Obě komunity, česká i mezinárodní, jsou stabilní, v letech 2016-2019 vykazovaly mírný nárůst počtu členů. V následujících letech očekáváme obdobné využití VVI CERN-CZ jako doposud.

Obě komunity také přímo využívají prostředky výpočetního centra provozovaného VVI CERN-CZ. To slouží jako Tier2 centrum v hierarchii výpočetních center CERN určených pro zpracování dat z experimentů LHC. Uživatelé mají k výpočetním kapacitám centra přístup prostřednictvím standardních gridových nástrojů WLCG (Worldwide LHC Computing Grid). Výsledky simulací prováděných v Tier-2 slouží všem členům podporovaných experimentů ALICE a ATLAS. Pro individuální analýzu využilo naše prostředky každoročně přes 1000 jednotlivých uživatelů.

III. Uveďte přehled workshopů, konferencí, seminářů a zasedání organizovaných VVI, vč. počtu a afiliací účastníků z ČR a ze zahraničí.

2016

- Studentský workshop “Heavy ion physics”, 5-6.10.2016, Praha. 21 účastníků, z toho 1 zahraniční (přednášející). Afiliace účastníků - FZU AVČR: 6, MFF UK: 4, ČVUT: 6, ÚJF AVČR: 2, UPOL: 2, Ecole Polytechnique Paris (FR): 1

- Setkání CZ HEP komunity, 14.12.2016, Praha. Tradiční setkání české komunity částicové fyziky věnované diskusi ohledně budoucnosti oboru. Celkem 67 účastníků, afiliace: 22 (FZU AVČR), 17 (UK), 17 (ČVUT), ÚJF AVČR (8), UPOL (2), Slezská Univerzita (1)

2017

- ATLAS CZ-SK Meeting, 2017, Praha - tradiční mítink českých a slovenských uživatelů experimentu ATLAS, 50 účastníků - 40 z ČR (14 FZÚ AVČR, 13 ČVUT, 8 UK, 5 UPOL), 10 ze Slovenska (6 Comenius University, 4 Slovak Academy of Sciences)
- The 17th conference on Elastic and Diffractive scattering, EDS Blois 2017, Prague, 26-30.6.2017 - mezinárodní konference. Celkem 81 účastníků, jejich seznam včetně afiliací je k dispozici zde: <https://indico.cern.ch/event/577066/registrations/participants>
- Setkání CZ HEP komunity, 12.12.2017, Praha. Tradiční setkání české komunity částicové fyziky věnované diskusi ohledně budoucnosti oboru. Celkem 68 účastníků, afiliace: 17 (FZU AVČR), 21 (UK), 18 (ČVUT), ÚJF AVČR (9), UPOL (2), Lund University (1)

2018

- 3rd Face-to-Face meeting of the ATLAS ITk Strip testbeam and irradiation group, 11-13.4.2018, Praha. Mítink ATLAS ITk skupiny pro radiační testování a testování na svazcích. Celkem 15 účastníků, z toho 12 zahraničních. Afiliace: 1 (FZU AV ČR), 2 (UK), 2 (Instituto de Fisica Corpuscular), 2 (DESY), 2 (Albert Ludwigs Universitaet Freiburg), 2 (Carleton University), 1 (Technische Universitaet Dortmund), 1 (University of Birmingham), 1 (University of Toronto), 1 (IHEP, Chinese Academy of Sciences: Xiaocong Ai). Interní webová stránka: <https://indico.cern.ch/event/709062/overview>
- Mimořádný mítink CZ-SK HEP komunity, 14.9.2018, Praha. Mimořádné setkání české a slovenské komunity částicové fyziky věnované diskusi a stanovisku pro dokument evropské strategie částicové fyziky připravovaný CERN. Celkem 57 účastníků, z toho 6 ze Slovenska. Afiliace: 16 (FZU AVČR), 13 (UK), 13 (ČVUT), ÚJF AVČR (7), UPOL (2), Pavol Jozef Safarik U Bratislava (1), IEP SAS Kosice (2), UK Bratislava (2), IoP SAS Bratislava (1)
- Studentský workshop "Standard Model and QCD", 8-9.10.2018, Praha. 20 účastníků, z toho 1 zahraniční (přednášející). Afiliace účastníků - FZU AVČR (6), UK (4), ČVUT (7), ÚJF AVČR (2), UPOL (1), Lund University (1)
- AFP ToF meeting, 6-7.12.2018, Praha. Mezinárodní mítink v rámci experimentu ATLAS věnovaný časovému detektoru pro detektor dopředných protonů AFP. Celkem 16 účastníků, z toho 6 zahraničních. Afiliace: FZU (1), UK (1), ČVUT (2), UPOL (5), ZČU v Plzni (1), INFN Bologna (1), INP PAN Krakow (2), U Alberta (1), Stony Brook U (1), DESY (1)
- Setkání CZ HEP komunity, 17.12.2018, Praha. Tradiční setkání české komunity částicové fyziky věnované diskusi ohledně budoucnosti oboru. Celkem 68 účastníků, afiliace: 22 (FZU AVČR), 15 (UK), 23 (ČVUT), 5 (ÚJF AVČR), 2 (UPOL), UK Bratislava (1)

2019

- Mimořádný mítink CZ-SK HEP komunity, 21.5.2019, Praha. Mimořádné setkání české a slovenské komunity částicové fyziky věnované diskusi a stanovisku pro dokument evropské strategie částicové fyziky připravovaný CERN. Celkem 41 účastníků, z toho 3 ze Slovenska. Afiliace: 11 (FZU AVČR), 10 (UK), 11 (ČVUT), 4 (ÚJF AVČR), 2 (UPOL), IEP SAS Kosice (2), UK Bratislava (1)

- ATLAS Tau Workshop, 3-7 června 2019, Praha - mezinárodní mítink experimentu ATLAS zaměřený na fyziku tau leptonu, 59 účastníků z toho 7 z českých institucí. Afiliace zahraničních účastníků: University of Toronto, Nanjing University, Chinese Academy of Sciences, The Hong Kong University of Science, Shanghai Jiao Tong University, Univ. of Valencia and CSIC, Albert Ludwigs Universitaet Freiburg, University of Bonn, Georg August Universitaet Goettingen, Technische Universitaet Dresden, Max-Planck-Institut fur Physik, Institute of High Energy Physics, Università degli Studi e INFN Milano, University of Bergen, IFIN-HH, Yale University, Lancaster University, Tel Aviv University, University of Oklahoma, Deutsches Elektronen-Synchrotron, CERN, NIKHEF, University of Sheffield. Stránky mítinku, včetně plného seznamu účastníků a agendy: <https://indico.cern.ch/event/798098/registrations/participants>
- ALICE Physics Week, 22-26 července 2019, Praha - mezinárodní mítink experimentu ALICE zaměřený na fyzikální analýzu dat. Celkem 154 účastníků. Jejich seznam, včetně afiliací je k dispozici zde: <https://indico.cern.ch/event/798098/registrations/participants>
- n_TOF Collaboration Meeting, 2019, Praha - mezinárodní mítink celého experimentu n_TOF, který se koná jedno ročně v místech participujících institucí. Celkem 65 účastníků, z toho 2 z ČR, zbytek zástupci institucí v kolaboraci n_TOF z různých zemí Evropy
- Mimořádný mítink CZ-SK HEP komunity, 17.10.2019, Praha. Mimořádné setkání české a slovenské komunity částicové fyziky věnované diskusi a stanovisku pro dokument evropské strategie částicové fyziky připravovaný CERN. Celkem 25 účastníků, z toho 2 ze Slovenska. Afiliace: 7 (FZU AVČR), 6 (UK), 6 (ČVUT), 3 (ÚJF AVČR), 1 (UPOL), IEP SAS Kosice (1), UK Bratislava (1)

D. Propojení s dalšími infrastrukturami a projekty, mezinárodní spolupráce

I. Popište založené a fungující spolupráce v ČR s výzkumnými organizacemi, výzkumnými infrastrukturami, průmyslovými podniky a dalšími subjekty využívajícími VVI a její výsledky. Pokud jsou, uveďte seznam dohod s uživateli a spolupracujícími subjekty (dohody o spolupráci, smlouvy, memoranda atp.).

VVI CERN-CZ organizuje a podporuje účast univerzit a výzkumných institucí z ČR v mezinárodní laboratoři CERN. Všechny české výzkumné instituce, které se podstatným způsobem podílejí na provozu a výstavbě experimentů v CERN, jsou členy VVI. V rámci VVI vzájemně spolupracují při plnění mezinárodních závazků vyplývajících z jejich členství v jednotlivých projektech v CERN (viz následující kapitola I-D-II).

VVI CERN-CZ spolupracuje s dalšími VVI v oblasti informatiky a zpracování velkého objemu dat.

Sdružení CESNET poskytuje vyhrazenou síťovou konektivitu o kapacitě 10 Gbps mezi FZÚ AV ČR, ÚJF AV ČR a MFF UK, kde jsou umístěné výpočetní a diskové servery distribuovaného WLCG Tier-2 střediska. Dále propojuje pomocí vyhrazené linky hlavní zdroje Tier-2 ve FZÚ AV ČR do sítě LHCONe vyhrazené pro přenosy mezi WLCG středisky. Kapacita této linky byla v roce 2019 posílena z 2x10 Gbps na 100 Gbps a je přiměřeně vytížená. Další využívanou službou CESNET je zálohování kritických dat na vzdálené servery. CESNET také reprezentuje ČR v evropské gridové organizaci EGI, které monitoruje naše zdroje a poskytuje statistiky využití.

Významnou výpočetní kapacitu pro experiment ATLAS poskytujeme díky superpočítačovému středisku IT4I v Ostravě. V případě dočasně volných kapacit na superpočítačích Anselm a Salomon dokážeme automaticky přeposlat čekající úlohy z Tier-2 střediska ve FZÚ AV ČR na tyto vzdálené zdroje a pak přenést výsledky na zdroje dostupné v WLCG. Vyzkoušeli jsme i systém, který posílá výsledné simulace průběžně po jednotlivých případech a umožňuje tak ukončení úloh kdykoliv, když se objeví jiná úloha s vyšší prioritou. Tím dokážeme využít i krátkodobě dostupné volné kapacity a smysluplně zvyšujeme průměrné vytížení.

S VVI Auger-CZ, CTA-CZ a Fermilab-CZ úzce spolupracujeme na nákupu a provozu výpočetních a diskových serverů.

Do plnění závazků je zapojen i český průmysl, viz oddíl II-C-I. Příklady spolupráce s průmyslem v různém stupni realizace jsou:

- Unicorn College - produkční databáze komponent dráhového detektoru ITk experimentu ATLAS (očekávaný objem 350 tis. CHF, tedy asi 8,4 mil. Kč),
- Argotech - wirebonding křemíkových senzorů pro dráhový detektor ITk experimentu ATLAS (očekávaný objem 5-7 mil. Kč),
- UJP Praha a. s. - ozařovací kampaně kobaltovým zdrojem pro účely radiačních testů komponent dráhového detektoru ITk (očekávaný objem 600 tis. Kč),
- Crytur, s.r. o. - vývoj nových scintilačních materiálů (v roce 2019 získána v CERN pro experiment LHCb jedna zakázka na scintilační vlákna v objemu 48 tis. EUR, tedy asi 1,2 mil. Kč).
- Foton, s. r. o. - vývoj zdrojů (v roce 2017 dodán experimentu ATLAS prototyp zdroje vysokého napětí za 25 tis. EUR, tedy asi 600 tis. Kč; experiment ATLAS nakonec zvolil jiný systém nábíjení fotonásobičů kalorimetru TileCal).

II. Popište založené a fungující spolupráce s mezinárodními a zahraničními výzkumnými organizacemi, výzkumnými infrastrukturami, průmyslovými podniky a dalšími subjekty využívajícími VVI a její výsledky. Pokud jsou, uveďte seznam dohod s uživateli a spolupracujícími subjekty (dohody o spolupráci, smlouvy, memoranda atp.).

Experimentální výzkum se v částicové fyzice koncentruje do několika světových laboratoří. Tato strategie je diktovaná vysokými požadavky kladenými na lidské a finanční zdroje, které jsou nezbytné pro stavbu a provoz experimentálních zařízení určených pro výzkum při nejvyšších energiích částic dosažitelných v pozemských laboratořích. Intenzivní mezinárodní spolupráce VVI CERN-CZ je tak nutností. Jen v rámci dvou experimentů s největší českou účastí v CERN spolupracuje VVI s více než dvěma sty výzkumnými organizacemi. Experiment ATLAS je provozován a využíván cca 3 000 vědci ze 183 laboratoří a výzkumných institucí z 38 zemí, z toho jsou 4 české instituce v rámci CERN-CZ (úplný seznam členských institucí experimentu ATLAS je k dispozici na adrese <http://atlas.web.cern.ch/Atlas/Management/Institutions.html>). Celkově naše účast v experimentu ATLAS představuje asi 2%, pokud jde o počet vědců. V případě experimentu ALICE jsou čísla obdobná. Experiment je provozován a využíván více než 1 500 vědci ze 154 laboratoří ze 37 zemí (viz <http://aliceinfo.cern.ch/Public/en/Chapter3/Chap3Collaboration-en.html>). Účastní se jej dvě české instituce, které představují asi 1,5% ALICE. V případě menších experimentů jako COMPASS nebo TOTEM dosahuje naše účast většího podílu (až k 10%).

Právně je naše účast zakotvena členstvím České republiky v mezinárodní organizaci CERN. Členské poplatky, které ČR platí CERN, slouží k pokrytí provozu laboratoře a k výstavbě a vývoji základní infrastruktury, jako jsou například budovy, výpočetní prostředky či hlavní vědecká zařízení. V posledních 25 letech patří mezi nejvzácnější zařízení především urychlovače, jako je například hadronový urychlovač LHC.

Členské poplatky jsou placeny přímo MŠMT a nejsou součástí rozpočtu VVI CERN-CZ. Souvisí to s právním statutem CERN. Do této mezinárodní organizace vstupují státy a nikoli jednotlivé vědecké instituce. Poplatky se stanovují každoročně na základě vývoje a síly ekonomik jednotlivých členských států měřené hrubým domácím produktem země. ČR přispívá do rozpočtu CERN zhruba 1%, což ročně představuje částku na úrovni 10-11 milionů švýcarských franků (CHF). V roce 2019 činil členský poplatek ČR 10 860 850 CHF.

Členství umožňuje ČR podílet se na řízení laboratoře tak, jak bylo popsáno v předešlé kapitole I-B-I týkající se managementu VVI. Umožňuje také plnohodnotný přístup českých vědeckých institucí k jednotlivým experimentům a projektům v CERN. V neposlední řadě umožňuje českým firmám ucházet se o průmyslové zakázky vypisované CERN. Ty této možnosti hojně využívají, typicky získávají české firmy v CERN zakázky v ročním objemu 50-100 milionů Kč, viz část II-C-I.

Vlastní vědecké experimenty a projekty v CERN jsou organizovány, provozovány a budovány ve spolupráci velkého množství národních vědeckých institucí a jsou financovány národními finančními agenturami. Formálně je závazek jednotlivých institucí definován příslušnými memorandy o porozumění (MoU) týkajícími se výstavby, provozu a modernizace vědeckých zařízení. Podpisem MoU stvrzují jednotlivé národní agentury závazek tuto činnost podporovat a financovat. V případě ČR potvrzuje MoU u větších a dlouhodobějších závazků pověřený zástupce MŠMT. Jedním z hlavních úkolů VVI CERN-CZ je pak zajištění plnění těchto závazků.

Roční provozní náklady experimentů na LHC jsou schvalovány zástupci národních financujících agentur na říjnovém zasedání LHC RRB. Poté se na základě klíče v příslušných memorandech o provozu rozpočítají mezi zúčastněné finanční agentury. V případě ATLAS se typický roční příspěvek českých institucí na provoz experimentu pohybuje kolem 320 tisíc CHF (MoU dokument CERN-RRB-2002-035). U experimentu ALICE je to kolem 105 tisíc CHF (dokument CERN-RRB-2002-034). Dohromady za všechny experimenty a CERN RD projekty jde o celkový roční závazek ve výši cca 520 tisíc CHF. Memoranda o provozu neobsahují jen finanční závazky. Provoz je potřeba zajistit i po odborné stránce formou směn při nabírání dat a formou podpory expertů na jednotlivé subsystemy detektorů. Jen v roce 2018 odsloužili pracovníci VVI CERN-CZ 790 směn při nabírání dat experimentem ATLAS a 130 směn pro experiment ALICE, tj. ekvivalent asi 3,7 FTE. Experiment ATLAS vede také evidenci ohledně technické práce související s provozem a údržbou experimentu. V roce 2018 byla institucím z CERN-CZ takto experimentem ATLAS přiznána práce ve výši celkem 10,3 FTE. Uvádíme čísla za rok 2018, protože čísla za rok 2019 nebyla v době psaní zprávy k dispozici. Čísla za jednotlivé roky jsou k dispozici v průběžných ročních zprávách.

Dalšími významnými dokumenty jsou memoranda o budování a modernizaci detektorů. V případě LHC experimentů jde v současné době především o modernizaci detektorů spjatou s modernizací LHC na vysokou luminositu, tzv. High-Luminosity LHC (HL-LHC). Pro české instituce v experimentu ATLAS a tedy i pro VVI CERN-CZ je to významný závazek. Tzv. CORE náklady na modernizaci experimentu ATLAS byly odhadnuty a odsouhlaseny LHC RRB na úrovni 270 milionů CHF. Z toho český podíl činí 2,2 %, tj. asi 6,1 milionu CHF. Tento závazek byl částečně uhrazen ze zdrojů VVI

CERN-CZ v letech 2016-2019. Zbývající finanční část bude uhrazena z prostředků VVI CERN-CZ v letech 2020-2022. CORE náklady kryjí jen náklady na samotnou výstavbu, nezapočítávají se do nich lidské zdroje ani náklady na vývoj či případné další nepřímé náklady. I tyto další nezbytné aktivity hradila VVI CERN-CZ ze svého rozpočtu. V roce 2018 začal experiment ATLAS evidovat příspěvky lidských zdrojů poskytnutých členskými institucemi na modernizaci detektoru. Pro instituce CERN-CZ zaevidoval ATLAS v roce 10,9 FTE.

Míra naší spoluúčasti je definována v memorandech o modernizaci příslušných subsystémů. Za dobu trvání projektu byla podepsána zástupcem MŠMT memoranda o modernizaci stripové části a společných částí dráhového detektoru ITk (dokument CERN-MoU-2019-018), kalorimetru Tilecal (dokument CERN-MoU-2019-020) a vyčítací elektroniky (TDAQ, dokument CERN-MoU-2019-017). Začátkem roku 2020 pak MŠMT podepsalo memorandum o modernizaci pixelové části ITk (dokument CERN-MoU-2019-227). Dále bylo podepsáno memorandum o financování modernizace společných částí všech subsystémů (CERN-RRB-2017-058). Na jeho základě uhradíme v letech 2018-2027 cca. 510 tisíc CHF (roční příspěvek na úrovni 57 tisíc CHF).

Největším příspěvkem české komunity k modernizaci detektoru ATLAS je dráhový detektor ITk. V případě stripové části jsme se zavázali k otestování stripových senzorů pro jednu polovinu koncového detektoru (end-cap) a k montáži modulů pro jeden disk. Podílíme se na výstavbě také nákupem materiálu nutného pro výrobu detektoru (senzory, elektronika, kabely apod.) a spolupracujeme na vývoji chlazení a mechanických komponent. Důležitý je i náš závazek k podpoře vývoje databáze pro registraci jednotlivých komponent ITk. Zakázku získala česká vysoká škola Unicorn College i díky intenzivní spolupráci s VVI. Naše CORE závazky jsou vyčísleny v příslušném MoU na 2 700 tisíc CHF z celkových nákladů na výstavbu stripové části ITk ve výši 60 638 tisíc CHF a na 454 tisíc CHF z celkové částky 14 504 tisíc CHF určené pro výstavbu společných částí dráhového detektoru. U pixelové části je naše spoluúčast 1 401 tisíc CHF z odhadovaných nákladů ve výši 48 902 tisíc CHF. Náš celkový příspěvek k výstavbě dráhového detektoru tak činí 4 555 tisíc CHF z celkové odhadované částky 120 milionů CHF.

V případě hadronového kalorimetru Tilecal jsme se v MoU zavázali k podpoře na úrovni 527 tisíc CHF z celkové očekávané částky 11 604 tisíc CHF. Příspěvek je směřován do systému nízkonapěťových zdrojů a do systému pro distribuci vysokého napětí.

V případě TDAQ MoU jsme se zavázali k podpoře na úrovni 500 tisíc CHF z celkové očekávané částky 44 525 tisíc CHF. Příspěvek je určen na výrobu vyčítací elektroniky dráhového detektoru a na hardware nutný ke stavbě triggeru vyšší úrovně.

Obdobné je i zapojení VVI CERN-CZ do modernizace ALICE, experimentu s druhou nejvyšší českou účastí. MŠMT podepsalo v uplynulém období dvě MoU týkající se modernizace dráhového detektoru ITS ve výši 457 tisíc CHF. Tato částka byla již z rozpočtu VVI CERN-CZ plně uhrazena. Dále MŠMT v roce 2019 podepsalo dvě MoU na výstavbu dopředného dráhového detektoru mionů MTF (dokument CERN-MoU-2019-056) ve výši 200 tisíc CHF a na modernizaci vyčítací elektroniky a triggeru FDD (CERN-MoU-2019-057) ve výši 260 tisíc CHF. Část těchto příspěvků ve výši 150 tisíc CHF byla uhrazena z prostředků VVI CERN-CZ v roce 2019. Zbývající část, 310 tisíc CHF, bude hrazena z rozpočtu VVI na roky 2020-2022.

Vztahy v rámci evropského výzkumného prostoru

Vztahy mezi CERN a Evropskou unií (EU) jsou velmi těsné. EU získala v roce 1985 statut pozorovatelského státu. Vzájemné vztahy se pak řídí dokumentem o administrativním uspořádání vědecké a technologické spolupráce (Administrative Arrangement for Scientific and Technological Co-operation) podepsaným v roce 1994. Nové memorandum o porozumění z roku 2009 dále prohloubilo spolupráci mezi těmito dvěma institucemi. Na základě tohoto memoranda došlo také k těsnější spolupráci mezi CERN a ESFRI (European Strategy Forum on Research Infrastructures).

Jednou z hlavních rolí, kterou byl CERN v době svého založení pověřen, je koordinace částicové fyziky na evropské úrovni. CERN tak přirozeně hraje klíčovou úlohu ve vytváření evropského výzkumného prostoru (European Research Area - ERA) v částicové fyzice. VVI CERN-CZ pak představuje způsob, jak mohou vědci z českých výzkumných pracovišť přispívat k jeho formování.

Díky svému speciálnímu statutu mezinárodní organizace plní CERN roli, kterou pro jiné vědní obory plní ESFRI. Jedním z důležitých dokumentů, který CERN pravidelně připravuje a na který se Cestovní mapa ESFRI odkazuje, je formulování evropské strategie v částicové fyzice. Poslední dokument byl schválen Radou CERN v roce 2013, nová strategie se připravuje pro schválení v roce 2020. Projekt modernizace urychlovače LHC na vysokou luminositu HL-LHC a návazné modernizace dvou největších LHC experimentů ATLAS a CMS byl zařazen do Cestovní mapy ESFRI 2016 (str. 77).

III. Uvedte počet mezinárodních výzkumných grantů spojených s VVI, s krátkým popisem finančního objemu.

Projekt AIDA-2020 (<http://aida2020.web.cern.ch/>) v rámci programu EU Horizon-2020 je zaměřen na vývoj a testování nových technologií detekcí částic. Projekt je koordinován laboratoří CERN. Doba trvání projektu: 2015-2020, rozpočet: 12 909 986,73 EUR (příspěvek EU 10,0 mil. EUR), z toho FZU 145 tis. EUR (příspěvek EU 65 tis. EUR).

ČÁST II. – VÝSTUPY

A. Dosažené výzkumné výsledky

I. Popište obecně výzkumné výsledky dosažené výzkumným týmem VVI na základě využívání VVI v průběhu podpůrčího období.

V této části jsou popsány výsledky získané týmem CERN-CZ týkající se rozvoje a aktivit výzkumné infrastruktury. Členové týmu VVI se také zabývají fyzikálním výzkumem na experimentech v CERN. Jsou spoluautory více než 630 původních prací publikovaných experimenty v CERN. Tyto výsledky jsou prezentovány v následující části II-A-II. Výběr článků [4-20] v části II-A-II je průřezem fyzikálních témat a výsledků, ke kterým členové týmu CERN-CZ přispěli přímo jako hlavní autoři publikovaných analýz.

Aktivity týkající se rozvoje VVI CERN-CZ lze rámcově rozdělit do dvou kategorií:

- práce související s provozem,

- práce související s modernizací a výstavbou nových detektorů a s rozvojem nových technologií pro budoucí detektory.

Autoři z VVI celkem v těchto kategoriích publikovali 58 článků, úplný přehled je uveden v průběžných zprávách za jednotlivé roky. Zde je uveden jen výběr 19 prací dokumentující jednotlivé kategorie výzkumu.

Provoz detektorů

Tyto práce souvisí především s provozem těch částí aparatury, které účastnické instituce CERN-CZ pomáhaly budovat, jako například dráhový detektor [1] a kalorimetr TileCal [2] experimentu ATLAS, nebo s provozem monitorovacího systému pro sběr dat, tzv. slow-control, který vybudovali v posledních letech pracovníci CERN-CZ pro experiment COMPASS [3]. Dále se práce týkají kalibrace těchto detektorů [4-5] či souvisí s provozní podporou zpracování dat ve výpočetním centru VVI [6].

- [1] ATLAS Collaboration, *Performance of the ATLAS Transition Radiation Tracker in Run 1 of the LHC: tracker properties*, JINST 12 (2017) no.05, P05002
- [2] ATLAS Collaboration, *Operation and Performance of the ATLAS Tile Calorimeter in LHC Run 1*, Eur. Phys. J. C78 (2018) 987
- [3] O. Šubrt et al., *The Continuously Running iFDAQ of the COMPASS Experiment*, CHEP 2018, Computing in High Energy and Nuclear Physics, 9 - 13 July, 2018, Sofia, Bulgaria, EPJ Web Conf. 214 (2019) 01032
- [4] M. Sabaté-Gilarte, et al. (n_TOF Collaboration), *High-accuracy determination of the neutron flux in the new experimental area n_TOF-EAR2 at CERN*, Eur.Phys.J. A53 (2017) no.10, 210
- [5] ATLAS Collaboration, *Electron and photon energy calibration with the ATLAS detector using 2015–2016 LHC proton-proton collision data*, JINST 14 (2019) no.03, P03017
- [6] M. Svatos, J. Chudoba, P. Vokac, *ATLAS utilisation of the Czech national HPC center*, EPJ Web of Conf. 214 (2019) 03005

Modernizace detektorů a nové technologie pro budoucí detektory

Práce v této kategorii se zabývají tématy souvisejícími s hlavními aktivitami a mezinárodními závazky CERN-CZ. Jde především o modernizaci detektorů v souvislosti s HL-LHC modernizací urychlovače LHC, ať už formou návrhu detektoru ve formě tzv. Technical Design Reports [7], nebo konkrétními aspekty výstavby, jako je např. testování komponent pro experimenty ATLAS a ALICE na testovacích svazcích [8-9] či jiných ozařovacích zařízeních [10]. Práce na vývoji a budování nových dráhových detektorů probíhá také v rámci projektů CERN Research & Development, kde jsme zapojeni do projektů RD50 (vývoj radiačně odolných polovodičových sensorů) a RD53 (vývoj radiačně odolné elektroniky pro vyčítání polovodičových sensorů). Důležitá je i certifikace materiálů pro výstavu detektorů. Například práce [11] má dopad i na průmysl, protože požadavek na radiační odolnost materiálů se týká i energetického průmyslu, konkrétně bezpečnosti jaderných elektráren.

Další část výzkumu se týká modernizací současných detektorů. Jde např. o detektory dopředných protonů experimentů TOTEM a ATLAS. V obou případech jsou výzkumné týmy

CERN-CZ zapojeny do vývoje elektroniky a výstavby detektorů s vysokým časovým rozlišením v jednotkách desítek pikosekund [12-16].

Dále pracovníci CERN-CZ přispívají svojí expertízou k řešení technických problémů experimentů v souvislosti s chlazením detektorů [17].

Zajímavou technologií rozvíjenou v VVI CERN-CZ je i vývoj nových scintilačních materiálů pro detektory částic [18] v rámci projektu CERN CrystalClear. VVI CERN-CZ na vývoji úzce spolupracuje s firmou Crytur, s. r. o., v Turnově. Tato firma získala v roce 2018 z CERN zakázku na výrobu scintilačních vláken GGAG:Ce a YAG:Ce.

Tým CERN-CZ se také zabývá rozvojem aplikací technologií vyvinutých pro detektory částic. Příkladem je použití senzorů a čipů Timepix [19] vyvinutých v rámci CERN projektů Medipix a Medipix3. Zajímavé jsou aplikace monitorující radiaci (např. na družicích) nebo aplikace týkající se snímacích technologií různých druhů částic (fotony, neutrony, ...) s velkým prostorovým rozlišením s využitím v medicíně, biologii, restaurátorství apod.

- [7] The ATLAS Collaboration, *Technical Design Report for the ATLAS Inner Tracker Strip Detector*, CERN-LHCC-2017-005, ATLAS-TDR-025, CERN (2017)
- [8] A. J. Blue et al., *Test beam evaluation of silicon strip modules for ATLAS phase-II strip tracker upgrade*, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. **A 924**, 108 (2019).
<https://doi.org/10.1016/j.nima.2018.09.041>
- [9] S. Kushpil, F. Krizek, A. Isakov, *Recent Results From Beam Tests of the ALPIDE Pixel Chip for the Upgrade of the ALICE Inner Tracker*, IEEE Transactions on Nuclear Science **66** (2019) TNS-2319-2323
- [10] F. Krizek et al. *Irradiation setup at the U-120M cyclotron facility Nuclear Inst. and Methods in Physics Research*, A 894 (2018) 87–95.
- [11] Kučera J, ..., Ferencei J et al., *Determination of elemental impurities in polymer materials of electrical cables for use in safety systems of nuclear power plants and for data transfer in the Large Hadron Collider by instrumental neutron activation analysis*, J. Radioanal. Nucl. Chem. 309 (2016) 1341
- [12] J. Lange, M. Carulla, E. Cavallaro, L. Chytka, P.M. Davis, D. Flores, F. Förster, S. Grinstein, S. Hidalgo, T. Komarek, G. Kramberger, I. Mandić, A. Merlos, L. Nozka, G. Pellegrini, D. Quirion, T. Sykora, *Gain and time resolution of 45 μm thin Low Gain Avalanche Detectors before and after irradiation up to a fluence of 10¹⁵ n_{eq}/cm²*, JINST 12 (2017) P05003
- [13] Yu. Melikyan, T. Sýkora, T. Komárek, L. Nožka, D. Serebryakov, V. Urbášek, *Load capacity and recovery behaviour of ALD-coated MCP-PMTs*, Nucl.Instrum.Meth. **A949** (2020) 162854
- [14] L. Chytka, M. Hrabovsky, K. Jirakova, T. Komarek, V. Michalek, L. Nozka, P. Schovanek et al., *Timing resolution studies of the optical part of the AFP Time-of-flight detector*, Optics Express 26(7), 8028-8039 (2018)
- [15] TOTEM Collaboration, *Diamond Detectors for the TOTEM Timing Upgrade*, JINST 12 (2017) no.03, P03007
- [16] R. Arcidiacono, M. Berretti, E. Bossini, M. Bozzo, N. Cartiglia, M. Ferrero, V. Georgiev, T. Isidori, R. Linhart, N. Minafra, M. M. Obertino, V. Sola, N. Turini, *Test of Ultra Fast Silicon Detectors for the TOTEM upgrade project*, JINST 12 (2017) no.03, P03024

- [17] Vacek, V., Doubek, M.: *Problems in design of cooling systems for particle detectors and relevant electronics*, REFRIGERATION SCIENCE AND TECHNOLOGY PROCEEDINGS of the 25th IIR International Congress of Refrigeration, August 24-30, 2019 Montreal, Canada, 199-206, ISBN: 978-2-36215-035-7 (ISSN: 1025-9031)
- [18] P. Průša, M. Kučera, V. Babin, P. Brůža, D. Pánek, A. Beitlerová, J.A. Mareš, M. Hanuš, Z. Lučeničová, M. Nikl, T. Parkman, *Garnet Scintillators of Superior Timing Characteristics: Material, Engineering by Liquid Phase Epitaxy*, Adv. Opt. Mater. 5 (2017) 1600875(1) - 1600875(9)
- [19] A. Zhao, D. Byelov, Ch. Cheng, E. Maddox, P. Svihra, V. Vrba, T. Weinacht, *Coincidence velocity map imaging using Tpx3Cam, a time stamping optical camera with 1.5 ns timing resolution*, Rev. of Sci. Instr. 88, issue 11 (2017)

II. Popište hlavní výzkumné výsledky (max. 20) dosažené externími uživateli VVI na základě využívání VVI (příp. využívání českého uzlu v distribuované infrastruktuře mezinárodní).

Jen experiment ATLAS publikoval v letech 2016-2019 více než 470 původních prací v renomovaných mezinárodních recenzovaných časopisech. Experiment ALICE za stejné období publikoval víc než 127 prací a ostatní menší experimenty podporované VVI CERN-CZ (COMPASS, TOTEM, MOeDAL, NA62, n_TOF) více než 40 prací. Celkem se jedná o víc než 630 prací obsahujících převážně fundamentální výsledky v oboru fyziky elementárních částic a jaderné fyziky.

Mezi nejzajímavější patřily dvě práce publikované v Nature Physics.

- [1] ATLAS Collaboration, *Evidence for light-by-light scattering in heavy-ion collisions with the ATLAS detector at the LHC*, Nature Physics 13 (2017) 852–858
- [2] ALICE Collaboration, *Enhanced production of multi-strange hadrons in high-multiplicity proton–proton collisions*, Nature Physics 13 (2017) 535–539

Práce [1] experimentu ATLAS se týkala pozorování rozptylu světla na světle. Tento proces klasická teorie elektromagnetického záření nedovoluje. Rozptyl světla na světle je čistě kvantově-mechanický proces svázaný s polarizací vakua. První evidence tohoto fundamentálního procesu byla pozorována v ultra-periferálních srážkách jader olova při těžišťové energii 5,02 TeV na nukleon zaznamenaných detektorem ATLAS na LHC v CERN. Změřená četnost těchto srážek odpovídá predikcím kvantové elektrodynamiky.

Již dříve byly v proton-protonových srážkách s vysokou multiplicitou neočekávaně pozorovány zajímavé kolektivní jevy obdobné těm pozorovaným ve srážkách těžkých iontů. Práce [2] experimentu ALICE podává zprávu o prvním pozorování těchto kolektivních jevů také v navýšení produkce hadronů s vícenásobným obsahem podivného kvarku.

Mezi další, hojně citované práce, patří ty, které se zabývají měřením vlastností Higgsova bosonu, který byl objeven LHC experimenty ATLAS a CMS v roce 2012. Mezi ně patří např. práce [3] z roku 2016 s celkovým počtem 407 citací (z toho 106 samocitací).

- [3] ATLAS Collaboration, *Measurements of the Higgs boson production and decay rates and coupling strengths using pp collision data at $\sqrt{s}=7$ and 8 TeV in the ATLAS experiment*, Eur. Phys. J. C76 (2016)

Z dalšího množství publikací je vybrán průřezový vzorek prací jednotlivých experimentů podporovaných VVI CERN-CZ, ke kterým významně přispěli čeští fyzikové (uživatelé) jako hlavní autoři publikovaných měření a analýz. Praxe v oboru je taková, že články experimentů podepisují všichni členové experimentu, kteří se kvalifikovali za autory. Jedním z důvodů je vysoká komplexita měřících aparatur - je tak těžké určit podíl jednotlivců na článku. Každá analýza je závislá na práci mnoha dalších skupin a nemohla by bez nich vzniknout. Finální práce však samozřejmě vzniká v užším okruhu, tzv. hlavních autorů analýzy. Vybrané články dokumentují aktivitu českých uživatelů a ukazují, že čeští fyzikové vysoce využívají možnosti, které jim práce na mezinárodních experimentech v CERN nabízí.

- [4] ATLAS Collaboration, *Measurement of the exclusive $\gamma\gamma \rightarrow \mu\mu$ process in proton-proton collisions at 13 TeV with the ATLAS detector*, ATLAS Collaboration, Phys. Lett. B 777 (2018) 303
- [5] ATLAS Collaboration, *Measurement of the inclusive jet cross-sections in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 8\text{TeV}$ with the ATLAS detector*, JHEP 1709 (2017) 020
- [6] ATLAS Collaboration, *Observation of Higgs boson production in association with a top quark pair at the LHC with the ATLAS detector*, Phys. Lett. B784 (2018) 173-191
- [7] ATLAS Collaboration, *Measurements of $t\bar{t}$ differential cross-sections of highly boosted top quarks decaying to all-hadronic final states in pp collisions at $s=13\text{ TeV}$ using the ATLAS detector*, Phys.Rev. D98 (2018) no.1, 012003
- [8] ATLAS Collaboration, *Search for tetraquark in B_{sp} decays*, Phys. Rev. Lett. 120 (2018) 202007
- [9] ATLAS Collaboration, *Measurement of charged-particle distributions sensitive to the underlying event in $\sqrt{s}=13\text{ TeV}$ proton-proton collisions with the ATLAS detector at the LHC*, JHEP 1703 (2017) 157
- [10] ATLAS Collaboration, *Measurement of jet fragmentation in $Pb+Pb$ and pp collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76\text{ TeV}$ with the ATLAS detector at the LHC*, Eur. Phys. J. C 77 (2017) 37
- [11] ALICE Collaboration, *Anisotropic flow of charged particles in $Pb-Pb$ collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02\text{ TeV}$* , Phys.Rev.Lett. 116 (2016) no.13, 132302
- [12] ALICE Collaboration, *Investigations on anisotropic flow using multi-particle correlations in pp , $p-Pb$, $Xe-Xe$ and $Pb-Pb$ collisions*, Phys. Rev. Lett. **123**, 142301 (2019)
- [13] ALICE Collaboration, *Energy dependence of exclusive J/ψ photoproduction off protons in ultra-peripheral $p-Pb$ collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02\text{ TeV}$* , Eur. Phys. J. C79 (2019) 402
- [14] TOTEM Collaboration, *First determination of the ρ parameter at $\sqrt{s} = 13\text{ TeV}$: probing the existence of a colourless C -odd three-gluon compound state*, Eur. Phys. J. C79 (2019) 785
- [15] TOTEM Collaboration, *Elastic differential cross-section measurement at $\sqrt{s} = 13\text{ TeV}$ by TOTEM*, Eur. Phys. J. C79 (2019) 861
- [16] COMPASS Collaboration, *First measurement of transverse-spin-dependent azimuthal asymmetries in the Drell-Yan process*, Phys.Rev.Lett. 119 (2017) no.11, 112002
- [17] COMPASS Collaboration, *Longitudinal double-spin asymmetry $A(1)(p)$ and spin-dependent structure function $g(1)(p)$ of the proton at small values of x and $Q(2)$* , Phys. Lett. B 781 (2018) 464-472

- [18] MoEDAL Collaboration, *Search for magnetic monopoles with the MoEDAL forward trapping detector in 2.11 fb^{-1} of 13 TeV proton-proton collisions at the LHC*, Phys. Lett. B 782 (2018) 510-516
- [19] NA62 Collaboration, *First search for $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \nu$ using the decay-in-flight technique*, Phys. Lett. **B791** (2019) 156
- [20] n_TOF Collaboration, *Be-7 (n,p)Li-7 Reaction and the Cosmological Lithium Problem: Measurement of the Cross Section in a Wide Energy Range at n_TOF at CERN*, Phys. Rev. Lett. 121 (2018) no.4, 042701

B. Soulad s projektovým plánem

Popište všechny odchylky a změny oproti původnímu plánu realizace (v rozsahu, cílech, personálu) v průběhu podpůrní doby a vysvětlete je.

Plán práce a strategie VVI CERN-CZ jsou závislé na plánech CERN a na plánech jednotlivých experimentů a jsou s nimi silně provázány. Z provozního hlediska se jedná hlavně o pravidelné dvouleté odstávky urychlovače LHC. V době trvání projektu byl LHC v provozu v letech 2016-2018, kdy probíhalo intenzivní nabírání dat LHC experimenty. V lednu 2019 byla zahájena dvouletá odstávka LHC zaměřená na údržbu a modernizaci urychlovače, tzv. Long Shutdown LS2. Ve stejné době probíhá údržba a modernizace LHC experimentů. Tyto plány byly známy již v době přípravy projektu v roce 2014 a příslušné aktivity VVI CERN-CZ proběhly v souladu s tímto projektovým plánem. Jednalo se zejména o zajištění provozu experimentu při nabírání dat, ať už formou směn při nabírání dat nebo formou zajištění expertů pro jednotlivé části aparatury. V roce 2019 pak šlo o zajištění expertů a technického personálu pro údržbu a modernizaci těch částí aparatury, za kterou nesou české instituce zodpovědnost.

Oproti projektovému plánu došlo k posunu další pravidelné odstávky LHC (LS3) na roky 2025-2027, během které má proběhnout tzv. High Luminosity Upgrade LHC (HL-LHC) a LHC experimentů. Příprava experimentů ATLAS a ALICE na HL-LHC je po zajišťování provozu experimentů druhou hlavní aktivitou VVI CERN-CZ. Vzhledem k plánovanému výraznému navýšení výkonu HL-LHC je nutné podstatně přebudovat měřící aparatury, v mnoha případech je třeba vyměnit jejich celé části, jako například dráhový detektor experimentu ATLAS.

Z hlediska VVI CERN-CZ to znamenalo, že se prodloužilo přípravné období pro vývoj a návrh nových detektorů. Technické návrhy pro všechny jednotlivé části detektorů, jejichž modernizace se české výzkumné instituce účastní, byly v období trvání projektu dokončeny a národními agenturami financujícími výstavbu byla podepsána příslušná memoranda o porozumění o výstavbě těchto detektorů. Poslední memorandum pro HL-LHC projekt s českou účastí týkající se pixelové části dráhového detektoru experimentu ATLAS bylo podepsáno MŠMT v lednu 2020. Pozdější termín LS3 byl také využit při přípravě laboratoří VVI CERN-CZ, které se budou podílet na výrobě nových detektorů. Týká se to např. Laboratoře pro testování křemíkových detektorů částic pospané výše.

C. Socio-ekonomické dopady

I. Dopady na ekonomiku: odhadněte počet pracovních míst v VVI po celou dobu (vědci/další personál) a počet a finanční objem smluv s průmyslovými dodavateli v rámci veřejných zakázek k údržbě a obnově VVI.

Úspěchy CERN při zkoumání tajemství mikrosvětla s použitím nových technologií zvyšují atraktivitu vzdělávacích a výzkumných institucí pro studenty i experty, kteří následně uplatňují získané dovednosti ve firmách a zvyšují tak jejich inovační potenciál a konkurenceschopnost. Dodané zakázky a úspěšný provoz řady zařízení vybudovaných v ČR pro CERN představují pro průmyslové podniky prestižní znalostně a technologicky náročné zakázky, které stimulují jejich inovační schopnosti. V průměru získávají české firmy v CERN zakázky v ročním objemu 50 až 100 mil. Kč. Koeficient návratnosti pro průmyslové zakázky („Industrial return“) s hodnotou 1,80 v roce 2018 (průměr 1,46 v letech 2014-17) řadí ČR k relativně nejúspěšnějším průmyslovým dodavatelům z členských zemí. České firmy významně přispěly ke stavbě LHC experimentů CERN (křemíkové detektory, zdroje napětí, vakuové a optické komponenty, ocel) a výše zmíněná modernizace urychlovače i experimentů na vyšší luminositu pro ně představuje další příležitosti. Příklady nové spolupráce v různém stupni realizace jsou Unicorn College (databáze komponent ITk), Argotech (silikonové detektory), Ústav jaderných paliv (testovací ozařování detektorů), Crytur (scintilátory), viz část I-D-I. Příklady uplatnění technologií vyvinutých pro CERN v českém průmyslu jsou křemíkové detektory TimePix s aplikacemi v kosmickém průmyslu, výuce a medicíně, nebo scintilační detektory s využitím v elektronové mikroskopii a tomografii. Spolupráci s průmyslem a vývoj průmyslových aplikací technologií vyvinutých v CERN má zintenzivnit i připravované inkubační centrum CERN v ČR.

Veřejné zakázky k údržbě a obnově VVI

Ze zdrojů projektu OP VVV „CERN Computing“ byly pořízeny výpočetní klastry a diskové servery. Jejich nákup byl organizován společně s dalšími projekty OP VVV nakupujícími IT hardware v těchto zakázkách:

- “Výpočetní klastr pro projekty využívající distribuované gridové výpočetní kapacity”, rok 2017, cena 7 460 000 Kč s DPH, z toho 5 460 000 Kč pro VVI CERN, <http://cern.ch/go/jd7R>
- “Úložná kapacita a příslušenství”, rok 2017, cena 3 480 300 Kč s DPH, z toho 2 860 000 Kč pro VVI CERN, <http://cern.ch/go/wk7D>
- “Výpočetní klastr pro projekty OP VVV „CERN Computing“ a „Spolupráce na experimentech ve Fermilab“”, rok 2019, cena 3 780 000 Kč s DPH, z toho 2 780 000 Kč pro VVI CERN, <http://cern.ch/go/m8Ss>

Zdroje hostitelské a partnerských institucí

Z investičních zdrojů hostitelské a partnerských institucí byla vybavena Laboratoř pro testování křemíkových detektorů částic. Jednalo se o tři výběrová řízení na nákladné přístroje:

- Metrologická stanice OGP SmartScope CNC 500, rok 2017, zdroj AV ČR, cena 100 430 EUR,
- Probe Station Tesla 200 mm, rok 2018, zdroj AV ČR, cena 1 836 982,08 Kč,
- Wire-bonding station F&S Bondtec Series 58, rok 2019, zdroj AV ČR, cena 177 870 EUR.

V dalších podlimitních zakázkách bylo ze zdrojů AV ČR pořízeno investiční vybavení laboratoře v celkové sumě 4 193 291,48 Kč. Celková částka investovaná do vybavení laboratoře tak činila 23 266 tisíc Kč.

II. Dopad na školské aktivity: Odhadněte počet Mgr. a Ph.D. studentů využívajících VVI a data z provozu VVI, vyškolených na kurzech pořádaných VVI, případně publikací (učebnic) využívajících dat z VVI.

Věda a rozvoj technologií poskytují pro vzdělání motivaci a perspektivu, stimulují zvědavost, podporují kreativitu a také ilustrují, že výsledky nepřicházejí zadarmo, ale že jsou vykoupeny úsilím, časem, financemi, tedy obrazně „potem“. Toho všeho je vzdělávacímu systému třeba, zaměstnavatelé po tom volají, a CERN to v mnoha podobách intenzivně podporuje. V dotčených vědeckých oblastech pak infrastruktura zajišťuje pro celou akademickou sféru přístup k prvotřídní vědě.

Služeb VVI CERN-CZ a dat z experimentálních zařízení podporovaných CERN-CZ využilo k napsání a obhájení kvalifikačních prací na MFF UK v letech 2016-19 19 bakalářů, 11 diplomantů a 8 doktorandů. Na ČVUT to bylo 13 bakalářů, 17 diplomantů a 11 doktorandů, na UPOL 3 diplomanti a 2 doktorandi a na TUL a ZČU po jednom doktorandovi. Celkem během reportovaného období obhájilo své práce 32 bakalářů, 31 diplomantů a 23 doktorandů.

Aktivity VVI zaměřené na učitele jsou zmíněny v části o PR (kapitola IV-III).

Témata spojená s CERN lze najít i na jiných školách, které nejsou členy VVI. To ilustruje přístupnost CERN pro celé české prostředí.

Příklady disertačních prací:

- Filip Mravec, Numerical Processing of Spectrometric Data. MU Fakulta informatiky, 2018,
- Pavel Kočí, Aspects of Supersymmetry and Supergravity. MU, Přírodovědecká fakulta, 2019,
- Miroslav Novotný, Úvodní výklad fyziky mikrosvěta. MU, Přírodovědecká fakulta, 2017.

Příklady diplomových prací:

- Petra Dvořáčková, Znalosti Standardního modelu žáků. MU, Pedagogická fakulta, 2016,
- Karolína Šupejová, Model tvůrčího procesu sonifikace. MU, Filozofická fakulta, 2019,
- Tomáš Michálek, Digitální folklor. MU, Filozofická fakulta,
- Šimon Evin, Alex Jones vs. the Globalists: Conspiracy Discourse in America Today. MU, Filozofická fakulta, 2019,
- Lukáš MOCEK, Má Bůh své místo v moderní kosmologii? UPOL, Cyrilometodějská teologická fakulta, 2018,
- Daniel Lešiga, Systém nákupu v mezinárodní výzkumné organizaci. VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta materiálůvě-technologická, 2019

III. Další socio-ekonomické dopady (jsou-li): Dopad na technologickou sféru a kvalitu života, další výstupy spojené s provozem VVI.

Kvůli potřebám experimentů přispěl CERN k vývoji v oblasti informatiky a k vývoji detekčních a urychlovacích technik. Snad nejznámějšími jsou World Wide Web vyvinutý v roce 1989 v CERN s cílem zlepšit efektivitu výměny informací mezi vědci ve velkých experimentech a transparentní

kapacitní dotykové obrazovky vyvinuté v CERN na počátku 70. let pro kontrolní místnost urychlovače SPS. Obě technologie významně ovlivňují náš každodenní život a mají přímý dopad na kvalitu života.

Významnou součástí kvalitního života je realizace jedince v práci; CERN je velmi dobře viditelnou ilustrací atraktivity vědecké a technické práce na hranici lidského poznání a může tak poskytnout přitažlivou vizi jisté části populace. Velmi pozitivní ohlas od veřejnosti jsme zaznamenali na festivalu Colours of Ostrava 2019, kde jsme představovali CERN a příležitosti, které nabízí, viz část zprávy IV-III o PR.

D. Výhled do budoucna

Popište předpokládanou budoucnost pracoviště VVI, projektového týmu a očekávaného dalšího využití dosažených výsledků. Popište záměr pokračovat, plány do budoucna, zamýšlené žádosti o grant atp.

Předpokládaná budoucnost pracoviště VVI

Hostitelská a partnerské instituce spolupracující na činnosti VVI CERN-CZ jsou etablované výzkumné instituce s mnohaletou tradicí. Patří k nim přední české univerzity a ústavy Akademie věd ČR. Jak bylo popsáno výše, všechny tyto instituce dlouhodobě podporují aktivity a infrastruktury zahrnuté v projektu VVI CERN-CZ už téměř 30 let. Stejnou úroveň podpory lze očekávat i do budoucna po dobu trvání CERN.

Plány do budoucna

Plány VVI CERN-CZ do budoucna jsou úzce spjaty s plány CERN. V následujících cca 15 letech jde především o plné využití vědeckého potenciálu urychlovače LHC a s tím související modernizace. Hlavní experimenty LHC s účastí CERN-CZ, jako ATLAS a ALICE, budou funkční po celé období provozu LHC, tedy nejméně do roku 2036.

V letech 2020-2022 je financování VVI CERN-CZ zajištěno v rámci stejného programu Velkých výzkumných infrastruktur jako tento končící projekt. Financování investic je pak zajištěno z přidruženého projektu OP VVV. Kromě podpory provozu experimentů bude hlavní prioritou HL-LHC modernizace experimentů. V této době očekáváme rozjezd konstrukčních činností, protože nové detektory musí být připraveny k instalaci během LS3 odstávky LHC, jejíž začátek je plánován na rok 2025.

Experimenty na LHC jsou dlouhodobou záležitostí. Tři instituce CERN-CZ patří mezi zakládající členy experimentu ATLAS, který byl ustaven v roce 1994. Lze očekávat, že experiment bude pokračovat ve zpracovávání dat ještě několik let po uzavření LHC, tedy nejméně do roku 2040. Proto plánujeme ucházet se o prostředky na provoz CERN-CZ v rámci programu Velkých výzkumných infrastruktur i na další období 2023-2029.

CERN má ambice udržet si vedoucí postavení v oboru i po ukončení provozu LHC. Má technicky připraveno několik variant pro budoucí urychlovač, ať už lineární urychlovač elektronů a pozitronů (CLIC) nebo kruhový hadronový urychlovač nové generace FCC. Zatím ještě nebylo rozhodnuto, kterou cestou se vydat. České výzkumné instituce mají trvalý zájem podílet se na světově špičkovém výzkumném programu CERN. Do budoucna lze proto počítat s rozšířením těchto aktivit a se zapojením českých institucí CERN-CZ do příprav nových projektů.

ČÁST III. – FINANČNÍ ÚČELNOST

A. Celkový přehled finančních nákladů

Vynaložené uznané náklady (v tis. Kč)	2016	2017	2018	2019	Celkem
Osobní náklady	7 130	7 270	7 410	8 450	30 260
Investice	0	0	0	0	0
Členské poplatky	38 921	34 251	33 661	33 340	140 173
Provozní náklady	33 482	29 333	29 917	29 335	122 067
Vrácené prostředky	0	0	0	6	6
Celkem	79 533	70 854	70 988	71 131	292 506

I. Obecně vysvětlete rozpis a odůvodnění použití finančních zdrojů během podpůrní doby, vysvětlete částky vynaložené na hlavní aktivity hrazené z poskytnuté podpory, způsobem, který umožňuje posoudit celkovou finanční účelnost VVI.

Rozpočet CERN-CZ vychází ze strategie VVI navázané na krátkodobé a dlouhodobé plány experimentů v CERN. Prioritou je plné využití výzkumného potenciálu urychlovače LHC. Z ní plynou pro VVI dva hlavní úkoly. První z nich, spojený s krátkodobou strategií, je údržba a podpora provozu experimentů, tak aby tyto experimenty mohly zaznamenávat LHC srážky s vysokou efektivitou. S tím souvisí přímá finanční podpora na provoz a údržbu, která je placena formou členských poplatků. Ty každoročně schvaluje pro jednotlivé experimenty Rada LHC RRB, tak jak bylo popsáno výše. Schválené členské poplatky se pak rozpočítají na jednotlivé členské instituce na základě klíče v příslušném Memorandu o provozu daného experimentu. Rozpočet VVI alokoval odpovídající zdroje tak, aby jednotlivé instituce mohly splnit své závazky vůči experimentům. Druhá část provozních povinností je spojena s personálním zajištěním služeb při nabírání dat - ať už formou směn v kontrolní místnosti experimentu nebo zajištěním tzv. on-call expertů, což jsou odborníci na určitou část aparatury experimentu. Součástí provozních služeb je i zajištění provozu výpočetního centra, které slouží ke zpracování experimentálních dat a které je v hierarchii gridové sítě LHC zařazeno jako Tier 2 centrum.

Druhý úkol je dlouhodobějšího charakteru a týká se modernizace experimentů v souvislosti se zvyšováním výkonu LHC, tzv. HL-LHC (viz výše). V případě experimentu ALICE je většina našich příspěvků vázaná na právě probíhající odstávku LS2. V případě experimentu ATLAS jde o stavbu detektorů pro HL-LHC. Nové detektory musí být připraveny k instalaci v další dlouhé odstávce LHC LS3 plánované na roky 2025-2027. Závazky českých institucí jsou blíže specifikovány v jednotlivých Memorandech o porozumění pro výstavbu nových částí detektorů, viz bod I-D-II. Finanční část těchto závazků je placena formou poplatku, ať už jako jednorázové platby u menších projektů nebo průběžné a roční platby u větších projektů. Část závazků má formu dodávek částí aparatur. S tím jsou spjaty provozní náklady související s provozem a vybavením místních laboratoří VVI.

Oba tyto úkoly vyžadují odpovídající lidské a finanční zdroje, které byly zajišťovány z rozpočtu CERN-CZ.

II. Blíže okomentujte osobní náklady, investice (jsou-li), členské poplatky (jsou-li), provozní náklady, vysvětlete stručně hlavní výdaje a změny mezi jednotlivými roky podpůrní doby.

V provozních nákladech blíže popište druhy výdajů (spotřební výdaje, cestovní náklady, služby atd. – podle tabulky, která je přílohou závěrečné zprávy).

Osobní náklady

Ze zdrojů z VVI CERN-CZ bylo každým rokem pokryto průměrně cca 11 FTE ročně a dále byl podpořen formou osobních odměn objem práce odpovídající cca 13 FTE (v tomto případě byl úvazek hrazen institucí participující na VVI v rámci pracovní náplně pracovníka, prostředky VVI byly použity jen na odměny). Zbytek osobních nákladů nesly instituce, kdy potřebné pracovní kapacity byly zajištěny v náplni práce příslušných pracovníků.

Např. v roce 2018 bylo z prostředků VVI vytvořeno 8,63 FTE formou hlavního pracovního poměru (HPP) v celkové výši 5 009 tis. Kč. Formou dohod o pracovní činnosti (DPČ) a provedení práce (DPP) bylo vytvořeno 1,61 FTE (3 210 hodin) v celkové výši 612 tis. Kč. Částka 1 721 tis. Kč pak byla použita na odměny pracovníků, jejichž úvazek hradily instituce participující na VVI. Tito pracovníci v rámci své náplně práce pak přispěli na provoz VVI celkovou hodnotou 11,7 FTE.

V roce 2019 byla čísla obdobná. Z prostředků VVI bylo vytvořeno 9,90 FTE formou HPP v celkové výši 6 070 tis. Kč, formou DPČ/DPP bylo vytvořeno 1,51 FTE (3 017 hodin) v celkové výši 718 tis. Kč. Částka 1 919 tis. Kč pak byla použita na odměny pracovníků, jejichž úvazek hradily instituce participující na VVI. Tito pracovníci v rámci své náplně práce pak přispěli na provoz VVI celkovou hodnotou 11,5 FTE.

Detailnější rozložení osobních nákladů do různých skupin je patrný z tabulky v části I-A-III a z výkazů osobních nákladů, které jsou součástí ročních průběžných zpráv projektu.

Investice

Z rozpočtu VVI CERN-CZ nebyly hrazeny žádné investice. Ty byly hrazeny buď v rámci přidruženého projektu OP VVV “*CERN Computing*” nebo přímo ze zdrojů hostitelské a partnerských institucí VVI. Podrobnější čísla jsou k dispozici v části I-C-I.

Členské poplatky

Členské poplatky jsou dvojího charakteru: poplatky na provoz a údržbu a příspěvek k modernizaci detektorů. Provozní poplatky jsou placeny členskými institucemi jednotlivých experimentů. Vychází z příslušných MoU a pro LHC experimenty jsou kontrolovány a schvalovány radou LHC RRB, podrobnosti v části D-II. V roce 2016 byly z rozpočtu VVI CERN-CZ uhrazeny členské poplatky ve výši 13,8 milionů Kč, v roce 2017 ve výši 12,5 mil. Kč, v roce 2018 ve výši 11,8 mil. Kč a v roce 2019 11,5 mil. Kč. Za celé období 2016-2019 tak členské poplatky na provoz a údržbu experimentů činily 49,6 mil. Kč.

Závazky týkající se modernizace detektorů byly podrobně popsány v kapitole D-II. V letech 2016-2019 byly z rozpočtu VVI zaplacený členské závazky na modernizaci detektorů ve výši 90,6 mil. Kč. V případě experimentu ATLAS činila celková uhrazená částka 3 054 tis. CHF pro HL-LHC a 180 tis. CHF pro výstavbu detektoru AFP. V případě experimentu ALICE byla uhrazena částka 637 tis. CHF (487 tis. CHF na projekt ITS, 100 tis. CHF na FDD a 50 tis. CHF na MTF). Dále byla hrazena modernizace experimentu MOEDAL částkou 30 tis. CHF.

Provozní náklady

Celkové provozní náklady za podporované období činily 122 067 tis. Kč. Provozní náklady jsou rozděleny do následujících hlavních kategorií: cestovné, služby, drobný hmotný majetek, spotřební materiál a další nepřímé náklady.

Cestovní náklady tvořily největší část provozních nákladů. Reflektují potřeby jednotlivých experimentů a slouží k zajištění provozu a údržby detektorů, za něž jsou české instituce odpovědné. Udržení expertů VVI v CERN je klíčovou částí služeb, které poskytuje VVI. Jsou zde zahrnuty i účasti na pracovních poradách spjatých s provozem a řízením experimentů a cestovní náklady spjaté se zastupováním ČR v řídicích a poradních orgánech CERN (Rada CERN, Finanční výbor, LHC RRB apod.).

Celkové cestovní náklady činily v podpůrném období 60 313 tis. Kč, tedy průměrně 15,1 mil. Kč za rok. To zhruba pokrývá (bez nákladů na dopravu) roční pobyt v CERN pro 12-13 osob. Ekvivalent cca 3 člověkoroků byl použit na dlouhodobé několikaměsíční pobyty pracovníků zajišťující klíčové služby VVI přímo v CERN. Typicky se jednalo o podporu provozu a modernizace těch detektorů, za které nese daná česká instituce spoluzodpovědnost. Většina prostředků byla využita na krátkodobější pobyty v CERN týkající se zajištění provozu aparatury při nabírání dat, pracovních porad a zastupování českých institucí a ČR v řídicích orgánech experimentů a CERN. Tato čísla jsou v dobré korelaci se směnami a odslouženou podporou, tak je evidovali jednotlivé experimenty. Např. v roce 2018 bylo odslouženo pracovníky VVI celkem 930 směn jen pro experimenty ATLAS a ALICE, tj. ekvivalent 3,7 FTE. Experiment ATLAS pak evidoval příspěvek pracovníků VVI k technickému provozu detektoru ve výši 10,3 FTE (většinou realizovaný při pracovních pobytech v CERN) a ve výši 10,9 FTE pro HL-LHC modernizaci ATLAS (malou částí realizovanou v CERN), viz část I-D-II.

Malá část cestovních nákladů byla použita na pracovní pobyty mimo CERN – pracovní porady experimentů organizované členskou institucí experimentu mimo CERN, pobyty při testech na svazcích, workshopy zvyšující kvalifikaci a odbornost technických pracovníků VVI apod. Další část cestovních nákladů v celkové výši 589 tis. Kč tvořily výdaje na pobyt zvaných hostů VVI. Sem patří např. i úhrada nákladů na pobyt členů Vědecké rady VVI v souvislosti s konáním každoročního setkání Rady. Drobnými prostředky byly také podpořeny popularizace a vzdělávání ve formě pokrytí části cestovních nákladů spjatých s popularizačními akcemi v CERN (Dny učitelů v CERN, CERN Masterclasses, IPPOG apod.).

Služby v celkovém objemu 22 317 tis. Kč tvořily druhou největší část přímých provozních nákladů. Největší část tvoří náklady v souvislosti s provozem a modernizací detektorů, které nejsou pokryty z členských poplatků. Patří sem např. společný institucionální fond budovaného dráhového detektoru ITk, úhrada části nákladů na vývoj nových detektorů (náklady na vývoj nejsou započteny do CORE nákladů nových detektorů) apod. V roce 2019 byl takto podpořen experiment ATLAS ve výši 49 tis. CHF a experiment TOTEM ve výši 34 tis. CHF.

Z prostředků VVI byly hrazeny částečně náklady na elektřinu pro provoz počítačového Tier2 centra v celkové výši 3 838 tis. Kč, tj. ročně cca 960 tis. Kč. Další část nákladů na elektřinu byla hrazena z prostředků OP VVV a zbytek nákladů nesla hostitelská instituce. Např. v posledním roce projektu činily celkové náklady na elektřinu 3 262 tis. Kč., z toho podíl CERN projektů činil 66%, tedy 2 163 tis. Kč. Z prostředků VVI CERN-CZ bylo z této částky zapláceno 1 040 tis. Kč. Zbytek nákladů za

CERN projekty byl uhrazen z projektu OP VVV "CERN Computing" (796 tis. Kč) a hostitelskou institucí.

Další část služeb tvořily: licence na dedikovaný software používaný při návrhu senzorů a vyčítací elektroniky, náklady na pronájem bytů v blízkém okolí CERN (dlouhodobý pronájem šetří cestovní náklady), náklady spojené s organizací pracovních porad a schůze Vědecké rady apod.

Spotřební materiál a drobný hmotný majetek v celkovém objemu 13 929 tis. Kč tvořily nejmenší část přímých provozních nákladů. Jednalo se především o přístrojové a materiálové vybavení laboratoří neinvestiční povahy a dále o modernizaci výpočetního vybavení, ať už osobní stolní počítače a notebooky pro pracovníky VVI nebo vybavení Tier-2 výpočetního centra zařízeními neinvestiční povahy (diskový prostor apod.).

Režijní náklady odrážejí nepřímé náklady spjaté s provozem VVI. Nevztahují se na investice, členské poplatky a na náklady na energie. Režijní náklady hostitelské instituce byly stanoveny „Full Cost“ metodou. Analýza nákladů byla provedena ve spolupráci s firmou *Deloitte Advisory Ltd.* a je specifikována v *Rozhodnutí ředitele Fyzikálního ústavu AV ČR, v. v. i., č. 300/2012*. Následně byl celý postup a metodologie auditovány firmou *BDO CA Company, a. s.* Kalkulace režijních nákladů byla každým rokem aktualizována. Obdobně byly režijní náklady partnerských institucí stanoveny v souladu s vnitřními pravidly těchto institucí. Celkové režijní náklady VVI činily v podporovaném období 25 511 tis. Kč, což představuje 14,8% z celkových provozních a osobních nákladů nebo 8,7% z celkových nákladů projektu.

II. Popište stručně množství a důvody vrácení prostředků v jednotlivých letech (rozdělte, zda byly vráceny v daném roce či v rámci finančního vypořádání projektu).

V podporovaném období byla vyčerpána prakticky celá dotace. Jen v roce 2019 vzniklo díky účetní chybě, na kterou se přišlo až začátkem roku 2020, k nedočerpání drobné částky v položce Členské poplatky ve výši 5 590,13 Kč. Tyto prostředky byly vráceny poskytovateli.

ČÁST IV. – DODATEČNÉ VÝZNAMNÉ INFORMACE

Veřejné zakázky, genderové otázky, PR

I. Uvedte přehled veřejných zakázek podle zákona č. 134/2016 Sb., o zadávání veřejných zakázek, seznam smluv uzavřených s dodavateli a poskytovateli služeb.

Žádné veřejné zakázky financované z prostředků VVI CERN-CZ nebyly vyhlášeny. Všechny uskutečněné nákupy zboží nebo služeb byly z hlediska zákona o veřejných zakázkách zakázkami malého rozsahu, kdy se vyhlášení dle zákona nevyžaduje. Řešitelé se řídili interními pravidly svých institucí.

II. Popište přístup VVI k genderovým otázkám v rámci projektu, genderové složení řešitelského týmu, principy, které byly uplatněny k zajištění rovných příležitostí.

VVI CERN-CZ není samostatnou právní osobou a v otázkách zaměstnanecké politiky, včetně genderové, je vázána pravidly hostitelské a partnerských institucí. Instituce CERN-CZ jsou dlouhodobě zavedené výzkumné a akademické instituce - univerzity a ústavy Akademie věd. Rovný přístup ke spolupracovníkům a studentům tvoří nedílnou součást pracovní kultury na těchto pracovištích. Je např. zakotven v Etickém kodexu výzkumných pracovníků AV ČR, který v článku IV, část a) říká

“[Výzkumný pracovník] přijímá studenty a spolupracovníky ve výzkumu na základě objektivního ohodnocení jejich intelektuálních, etických a osobnostních charakteristik”,

nebo v Etickém kodexu Univerzity Karlovy, kde v článku 17 části 1 stojí

“[Univerzita Karlova] odmítá diskriminaci na základě rasy, etnického původu, národnosti, ideologie, náboženského vyznání, víry, světového názoru, věku, pohlaví, sexuální orientace, fyzického handicapu, sociálního původu nebo majetkových poměrů. Vůči všem jedná s respektem, bez ohledu na sociokulturní odlišnosti”.

Kvůli omezenému rozsahu zprávy je níže rozvedena kariérní a zaměstnanecká politika pouze hostitelské instituce VVI, Fyzikálního ústavu AV ČR. Podobně se ale chovají i ostatní pracoviště VVI CERN-CZ, viz např. <https://cuni.cz/UK-8762.html>.

FZÚ si je vědom důležitosti rovného přístupu k příležitostem v kariérním rozvoji svých pracovníků. Systematická péče o zaměstnance a jejich výběr je zásadním faktorem pro zajištění kvalitních výsledků napříč celým ústavem. Proto se v roce 2017 FZÚ ucházel o certifikát *HR Excellence in Research Award* (Ocenění excelence lidských zdrojů ve výzkumu), který uděluje Evropská komise. Ten se podařilo získat v dubnu 2019.

V současné době pracuje FZÚ na implementaci Evropské charty pro výzkumné pracovníky a Kodexu chování pro nábor výzkumných pracovníků. Charta a Kodex představují rámec pro výzkumné pracovníky, zaměstnavatele a investory a vybízí je, aby vytvořili odpovědné profesionální pracovní prostředí a podíleli se na něm. Charta a Kodex uznávají, že vědci během své kariéry plní více rolí: jako vědci, vedoucí, učitelé, manažeři, administrátoři a komunikátoři vědy. Důraz je kladen na neustálý profesní rozvoj ve všech oblastech souvisejících s těmito rolmi prostřednictvím specializovaných školení, včetně (s výjimkou činností souvisejících s vědou, jako jsou konference a workshopy) také školení v oblasti soft-skills, podávání žádostí a dovedností v oblasti řízení prostřednictvím seminářů a webinářů, a také například školení o interních procesech prostřednictvím e-learningových modulů. Mezi další cíle projektu patří internacionalizace (včetně zajištění rovného přístupu k informacím v rámci dvojjazyčného prostředí) a spravedlivý, nediskriminační a objektivní proces nábora.

V roce 2019 se také FZÚ rozhodl posílit znalosti svých zaměstnanců v oblastech souvisejících s tématem genderu. Chystá se kampaň a školení související s podvědomou zaujatostí a genderově citlivou komunikací.

CERN je zářným příkladem mnohonárodnostní spolupráce ve vědě a sleduje vlastní politiku podpory rozmanitosti, která je pro takovou mezinárodní laboratoř klíčová. Politika rozmanitosti se vztahuje na kategorie jako národnost / kultura, profese, věk / generace a pohlaví, jakož i individuální rozdíly, jako je etnický původ, sexuální orientace, víra, postižení nebo názory, pokud jsou v souladu s hodnotami organizace. Úplný dokument popisující politiku rozmanitosti je na

stránkách CERN diversity-and-inclusion.web.cern.ch. Tato pravidla se vztahují nejen na zaměstnance CERN, ale také na všechny uživatele CERN.

Rovnost příležitostí uplatňovaná členskými institucemi CERN-CZ nutně nevede k proporčnímu zastoupení, které je silně ovlivněno dalšími sociologickými a historickými faktory. Genderové složení týmu FZÚ kopíruje genderové složení v technických a přírodovědných oborech se všemi známými neduhy. Na magisterské a bakalářské úrovni tvoří studentky 28% pracovníků VVI CERN-CZ. Jejich podíl dále klesá na 20%, pokud jde o doktorské studium, až k 6% u vědeckých pracovníků s Ph.D, kde je vysoké zastoupení mužů dáno hlavně historicky. Ilustrací aktivního přístupu je například opakovaná akce "Staň se na den vědkyní" na ČVUT, viz následující část zprávy.

III. Popište propagační aktivity, reklamní a PR akce, kroky ke zviditelnění VVI na národní i mezinárodní úrovni.

Skvělé výsledky CERN v jeho dlouhé historii, jeho současný ambiciózní výzkumný program, práce s nejnovějšími technologiemi a perspektivy pro uplatnění ukazují v dobrém světle vědu, být v jednom speciálním oboru. Tato pozitiva představují pracovníci VVI v popularizačních a vzdělávacích akcích zaměřených na studenty, učitele i širokou veřejnost.

Značná část akcí má periodický charakter a je zaměřena mimo jiné na to, aby zejména středoškolská populace byla prosycena informacemi o tom, co CERN a obecněji světová částicová fyzika dělá a jaké příležitosti nabízí. K takovým akcím patří International Masterclasses - Hands on particle physics, což jsou jednodenní workshopy organizované členskými institucemi VVI, někdy ve spolupráci se školami v regionech, jejichž součástí je videokonference s dalšími skupinami ze zahraničí, které v daný den pracují na stejném tématu. Akci koordinuje IPPOG (International Particle Physics Outreach Group), v ČR organizujeme každý rok zhruba 5 workshopů, což znamená, že tyto aktivity zasáhnou 100-200 zainteresovaných studentů.

Periodické jsou také dny otevřených dveří na jednotlivých institucích a další podobné akce (Týden vědy na Jaderce, Jeden den s fyzikou na MFF, ...), ve kterých jsou aktivity VVI vidět. Od roku 2016 je také nabízena specifická popularizační akce FJFI ČVUT s cílem podpořit vstup žen do vědy "Staň se na den vědkyní", viz <https://www.fjfi.cvut.cz/cz/media-a-verejnost/akce/vedkyne>.

Ježto soudíme, že povědomí o moderní fyzice včetně částicové by mělo být standardní součástí vzdělání, věnujeme svou pozornost i učitelům, a to jak studentům učitelství, tak i učitelům již ve službě. Pořádáme pro ně krátké intenzivní exkurze do CERN naplněné prohlídkami experimentů s kvalifikovaným výkladem a nabídkou další spolupráce (exkurze 2017, 18, 19, celkem 39 účastníků). Přírodným důsledkem vzrůstajícího povědomí učitelů o CERN jsou školní exkurze do této laboratoře. V některých případech poskytujeme školám asistenci, ale ve většině případů se školy svěřují do péče cestovních kanceláří, které si z této příležitosti vytvořily byznys.

Na širší veřejnost jsou zaměřeny veřejné přednášky například v kontextu Noci vědců, Science café, Veletrhu vědy, Science to go, Fyzikálních čtvrtků na FEL ČVUT, U3V na MFF UK, přednášky pro Jednotu českých matematiků a fyziků (JČMF) a další.

Z řady opakovaných aktivit vystupují mimořádné jednorázové akce a události. K takovým bezesporu patřila výstava Accelerating Science v Českých Budějovicích od 21. září 2016 do 10. ledna 2017 - lokálním pořadatelé získali pro ČR putovní výstavu CERN a pracovníci VVI jim pomohli

expozici doplnit přednáškami a týmem poučených mladých průvodců. Výstavu navštívilo přes 22 tis. návštěvníků. Významnou PR událostí jiného druhu byla návštěva generální ředitelky CERN Fabioly Gianotti v březnu 2017, která vyvolala výrazný mediální ohlas (Hyde Park Civilizace, tisk). Podobnou událostí byla návštěva nové předsedkyně Rady CERN prof. Ursuly Bassler v květnu 2019.

Díky dlouholetým dobrým kontaktům s médii jsou odborníci VVI zváni k vyjádření k otázkám, které se v mediálním prostoru objeví. Pěstování vztahů s médii byl věnován také "Czech Media Day at CERN".

Mimořádnou akcí byl také výběr 24 českých studentů a 3 doprovázejících učitelů na dvoutýdenní pobyt v CERN - High School Students Internship Programme na přelomu května a června 2018 a podíl na jeho organizaci. Zájemců o tento program bylo 238, tj. šťastných účastníků jen desetina. Proto jsme vybraným i nevybraným zájemcům nabídli v září 2018 týdenní akci "Částicová Praha" s přednáškami, exkurzemi do institucí VVI a workshopy. Té se zúčastnilo cca 50 studentů.

Patrně nejlepší ilustrací snah oslovit širší veřejnost se stala účast na festivalu Colours of Ostrava. Po zkušenostech s prvním vystoupením červenci 2018 byl na Colours 2019 připraven komplexní program přednášek a workshopů mladých i starších odborníků z našich institucí, stánek s malými experimenty a výlet do prostředí částicových experimentů pomocí virtuální reality. Na přípravě i realizaci programu se podílelo také několik kolegů z CERN a z Velké Británie. Částicový program měl své místo na Big Bang Stage Meltingpotu, byl dobře viditelný v programu i v realitě, takže jsme zasáhli více než čtyři tisíce účastníků festivalu.

Několika dedikovanými akcemi s podporou HR departmentu CERN v Praze i v regionech jsme se snažili propagovat možnost práce v CERN i pro jiné profese než jsou částicoví fyzikové.

Při těchto akcích lze registrovat signály, že část české populace je hrdá nejen na výsledky českých sportovců, ale i na výsledky českých vědců a na skutečnost, že se podílejí na současné špičkové vědě. To vše poskytuje motivaci pro část mladé generace, která chce něco vytvářet a nejen spotřebovávat.

O PR aktivitách v ČR pravidelně referujeme na mezinárodních fórech: Teacher and Student Forum a IPPOG.

ČÁST V. – ZÁVĚR

Závěrečné zhodnocení (souhrn)

Shrňte závěry výše popsaného projektu. Popište průběh realizace, shrňte dosažené cíle, míru, v jaké byla očekávání naplněna, zhodnoťte účelnost využití finanční podpory a zmiňte, které cíle k dosažení dosud zbývají.

VVI CERN-CZ organizuje a podporuje účast univerzit a výzkumných institucí z ČR v mezinárodní laboratoři CERN (Evropská organizace pro jaderný výzkum) v Ženevě. CERN s největším urychlovačem na světě LHC (Large Hadron Collider) hraje celosvětově vůdčí roli ve výzkumu fyziky

elementárních částic a chování hmoty při extrémně vysokých energiích. Cílem výzkumu v CERN je rozšíření našich znalostí o základních zákonitostech, jimiž se v přírodě řídí chování hmoty, včetně principů, podle kterých se vyvíjí náš vesmír.

CERN provozuje v současnosti celou řadu urychlovačů a experimentů. Nejznámější a nejvýznamnější je urychlovač LHC. Nejvýznamnějším dosavadním výsledkem na LHC je objev Higgsova bosonu v roce 2012 v experimentech ATLAS a CMS. LHC dodal za dobu svého provozu několik desítek inverzních femtobarnů (fb^{-1}) proton-protonových srážek při těžišťové energii 7 a 8 TeV a 150 fb^{-1} při energii 13 TeV, což je největší energie protonových srážek dosažená v pozemské laboratoři. Větší energie a vyšší intenzita srážek umožňuje podrobnější výzkum vlastností Higgsova bosonu a rozšiřuje oblast pro hledání nových částic a jevů v oblasti fyziky částic a ultra-relativistické jaderné fyziky. To bylo hlavním vědeckým programem LHC experimentů v letech trvání projektu 2016-2019.

V odstávce plánované na roky 2025-2027 dojde k modernizaci urychlovače a k výraznému zvýšení kapacity LHC, tzv. High Luminosity Upgrade (HL-LHC). Experimenty je nutné také zmodernizovat, aby byly vůbec schopny zaznamenávat srážky takto intenzivních svazků částic. Kromě podílu na provozu experimentů byla příprava na HL-LHC upgrade experimentů ATLAS a ALICE hlavní náplní činnosti VVI CERN-CZ.

Cílem VVI CERN-CZ je podpora vývoje, výstavby, údržby a provozování vědeckých zařízení na experimentech v CERN s českou účastí. To zahrnuje i lokální infrastrukturu a laboratoře v ČR, které jsou nezbytné pro výzkum, vývoj a výrobu těchto detektorů, a výpočetní prostředky pro zpracování dat. VVI rozvíjí nové technologie pro detektory částic včetně jejich aplikací, především v oblasti kalorimetrie a polovodičových dráhových detektorů. Technický záběr VVI se týká následujících oblastí: konstrukce detektorů, vývoje radiačně odolných polovodičových detektorů a elektroniky, chlazení, kryogeniky, vakuových technologií, elektronického a mechanického designu a zpracování extrémních objemů dat.

Portfolio služeb zahrnuje: provoz a údržbu detektorů, především těch, na jejichž stavbě se české instituce podílely; modernizaci a budování nových detektorů; provoz výpočetního centra, které slouží jako národní Tier2 centrum v počítačové síti CERN; koordinaci projektů v CERN s českou účastí v součinnosti s Výborem pro spolupráci ČR s CERN; zastoupení a výkon práv naší země v řídicích a poradních orgánech mezinárodní organizace CERN a jednotlivých experimentů.

Unikátní vědecká experimentální zařízení, na jejichž stavbě se české instituce podílely, tvoří jádro VVI. Spoluúčast na jejich provozu a modernizaci je nutnou podmínkou, která umožňuje českým vědcům volný přístup k jedinečným datům. To je základní přínos VVI pro její českou uživatelskou komunitu. Vědci z českých výzkumných institucí tak mohou přispět adekvátním dílem ke světovým výsledkům částicové a jaderné fyziky, které experimenty v CERN produkují.

V CERN je registrováno 258 odborníků z českých institucí, což představuje 3,5% uživatelů z členských zemí CERN. Tento vysoký podíl (poplatky ČR představují asi 1% rozpočtu CERN) dokumentuje, že česká částicová komunita intenzivně využívá výhod členství ČR v CERN a služeb CERN-CZ.

Zařízení, na jejichž provozu se VVI CERN-CZ podílí, intenzivně využívá i široká mezinárodní vědecká komunita. V letech 2016-2019 bylo těmito experimenty publikováno více než 630 prací obsahujících převážně fundamentální výsledky v oboru fyziky elementárních částic a jaderné

fyziky. Jen počet autorů u dvou experimentů s největší českou účastí, experimenty ATLAS a ALICE, dosahuje téměř 6000.

Aktivity VVI CERN-CZ vedly i k získání vlastních vědeckých výsledků, a to především v souvislosti s provozem vědeckých zařízení, jakož i v souvislosti s modernizací a výstavbou nových detektorů a rozvojem nových technologií pro budoucí detektory. Autoři z VVI v těchto kategoriích publikovali celkem 58 článků.

Hlavním cílem VVI je plnění závazků našich institucí vůči experimentům v CERN, ať už finančních, provozních nebo podílu na budování nových detektorů. Jednotlivé experimenty LHC prezentují dvakrát do roka na LHC RRB dosažené výsledky, včetně přehledu příspěvků za jednotlivé národní agentury financující výzkum. V LHC RRB je zastoupeno i MŠMT, které tak provádí kontrolu výsledků VVI CERN-CZ a plnění závazků českých institucí. Konstatujeme, že po dobu trvání projektu, v letech 2016-2019, byly mezinárodní závazky našich institucí plněny. Byly zaplacený naše finanční závazky na provoz detektorů v celkové výši 49,6 mil. Kč. Dále LHC experimenty ročně evidují plnění našich závazků na poskytnutí lidských zdrojů na provoz, údržbu a modernizace ve výši cca 25 FTE. Lokální výpočetní Tier-2 centrum umožnilo splnit naše oficiální WLCG závazky vůči experimentům ALICE a ATLAS, které v roce 2019 činily 30 000 HS06 a 3 400 TB diskového prostoru. V letech 2016-2019 jsme dále na modernizaci LHC experimentů přispěli částkou 90,6 mil. Kč, což představuje asi 50% celkových institucionálních závazků CERN-CZ v podepsaných MoU, týkajících se modernizace a výstavby nových detektorů.

Vzhledem ke splnění hlavních cílů VVI CERN-CZ hodnotíme využití finančních prostředků jako účelné. Byly použity v souvislosti s plněním mezinárodních závazků institucí VVI CERN-CZ vůči LHC experimentům a jiným projektům. Členské poplatky byly použity na úhradu našich finančních závazků, ať už šlo o závazky provozního charakteru nebo pro modernizaci experimentů. Z provozních prostředků tvořily největší část cestovní náklady opět související s plněním provozních povinností v CERN. S tím souvisí i osobní náklady.

K účelnosti využití finanční podpory se pravidelně vyjadřuje na svých zasedáních i Vědecká rada VVI CERN-CZ. Také Rada považuje použití finančních prostředků za účelné, viz zápisy z jejich posledních tří zasedání, které jsou přiloženy k této zprávě formou dodatku. Rada také hodnotí úroveň odborných a provozních aktivit infrastruktury, vyjadřuje se a dává doporučení k nově plánovaným aktivitám a k dlouhodobému strategickému plánu infrastruktury. I v těchto věcech hodnotí Rada aktivity CERN-CZ kladně.

Před VVI CERN-CZ stále stojí náročný úkol dlouhodobějšího charakteru, který se týká modernizace experimentů v souvislosti se zvyšováním výkonu LHC, tzv. HL-LHC. Nové detektory musí být připraveny k instalaci v další dlouhé odstavce LHC LS3 plánované na roky 2025-2027. V této souvislosti je důležité, že financování VVI CERN-CZ je v rámci programu Velkých výzkumných infrastruktur zajištěno i v následujícím období 2020-2022. Umožní splnění našich mezinárodních závazků uzavřených MŠMT pro HL-LHC modernizaci experimentů ATLAS a ALICE.

Experimenty na LHC jsou dlouhodobou záležitostí. Provoz LHC je plánován nejméně do roku 2036. Po tu dobu budou v provozu i velké experimenty, které VVI CERN-CZ podporuje. Proto plánujeme ucházet se o prostředky na provoz CERN-CZ v rámci programu Velkých výzkumných infrastruktur i na další období 2023-2029.

CERN má ambice udržet si vedoucí postavení v oboru i po ukončení provozu LHC. Má připraveno několik návrhů pro budoucí urychlovač, ať už lineární urychlovač elektronů a pozitronů (CLIC) nebo kruhový hadronový urychlovač nové generace FCC. Zatím ještě nebylo rozhodnuto, kterou cestou se vydat. České výzkumné instituce mají trvalý zájem podílet se na světově špičkovém výzkumném programu CERN. Budeme dále pracovat na rozvoji VVI CERN-CZ, tak aby i do budoucna hrála stěžejní roli v organizaci české komunity částicové fyziky a dále rozvíjela těsnou spolupráci českých výzkumných institucí s evropskými a světovými partnery na prestižním výzkumu v CERN.

Přílohy

Povinná: Tabulka skutečných finančních nákladů VVI v průběhu podpůrní doby

Dobrovolné: Přílohy vztahující se k realizaci VVI dle vlastního uvážení (max. 10 A4 stránek).

V Praze

Dne: 30. ledna 2020

Podpis řešitele:

