

Převod ELI Beamlines z FZÚ AV ČR, v. v. i. do ELI ERIC



J. Řídký, D. Margarone, R. Hvězda

Co je ERIC ?

- **ERIC = European Research Infrastructure Consortium** je právnická osoba podle unijního práva
 - členy se stávají pouze státy
 - organizace typu ERIC je osvobozena od platby DPH
 - má vlastní pravidla pro zadávání veřejných zakázek
 - řídicí orgány, hlasování, . . .

Co je ELI Beamlines ?

Panevropská iniciativa

společná iniciativa

paralelní implementace

společný provoz

13 zemí
40 výzkumných organizací

ESFRI

ELI-PP



OP VaVpl

OP 3V

ELI-Beamlines



Česká republika

ELI-ALPS



Maďarsko

ELI-NP



Rumunsko

ELI ERIC



2006 2007

2010 2011

2015

2017

2021

2022

PP Consortium

MoU

ELI-DC AISBL

ELI - ERIC



společná iniciativa

13 zemí
40 výzkumných organizací

ESFRI

ELI-PP



2006 2007

2010 2011

2015

2017

2021

2022

PP Consortium

MoU

ELI-DC AISBL

ELI - ERIC



paralelní implementace

OP VaVpl

OP 3V

ELI-Beamlines



Česká republika

ELI-ALPS



Maďarsko

ELI-NP



Rumunsko

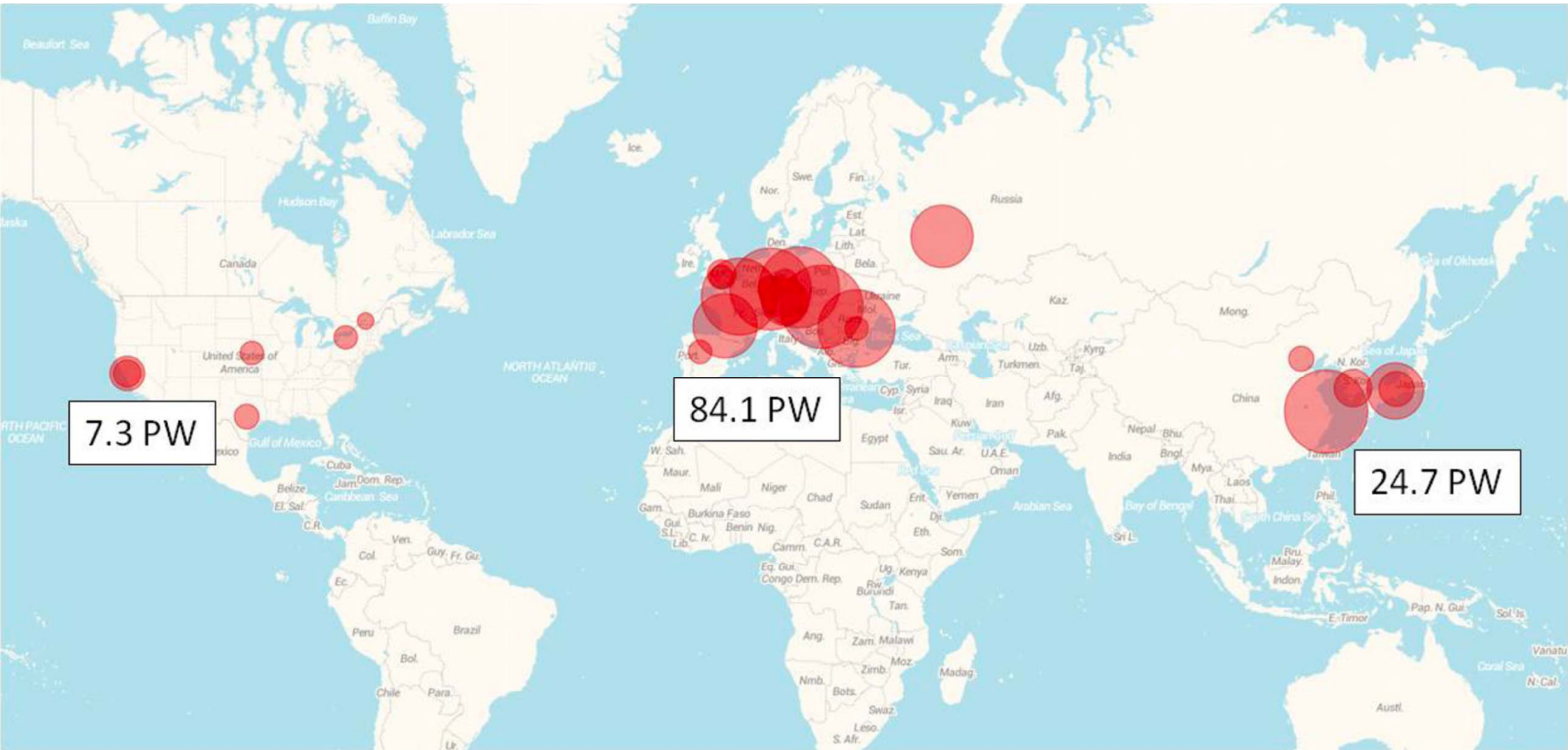
ELI ERIC



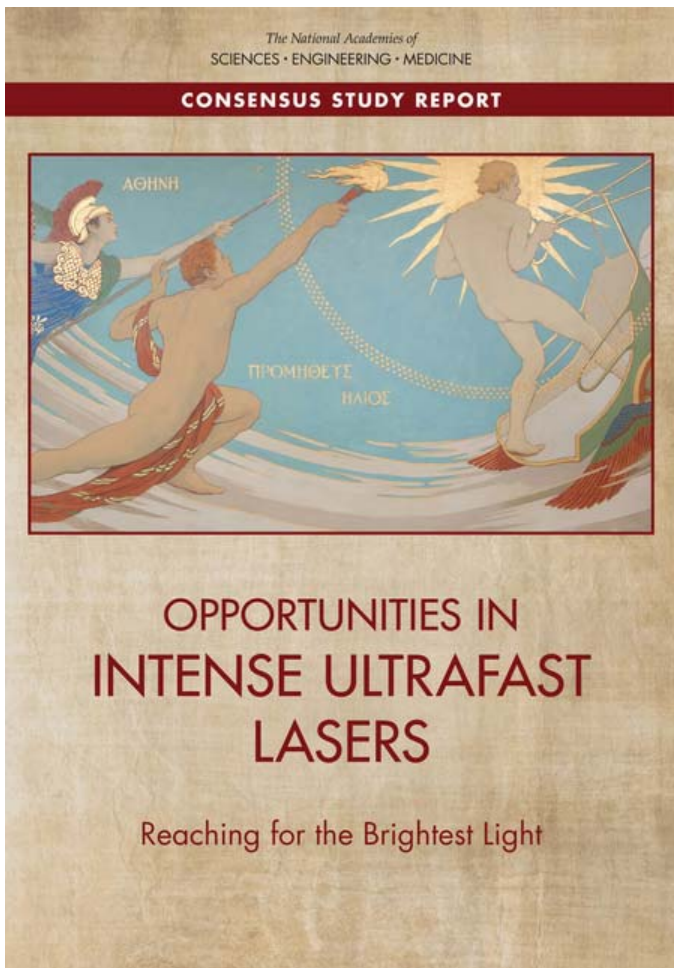
Panevropská iniciativa

společný provoz

Lasery PW ve světě 2006 - 2010



ZDROJ: S laskavým svolením of J.L. Collier



společná iniciativa

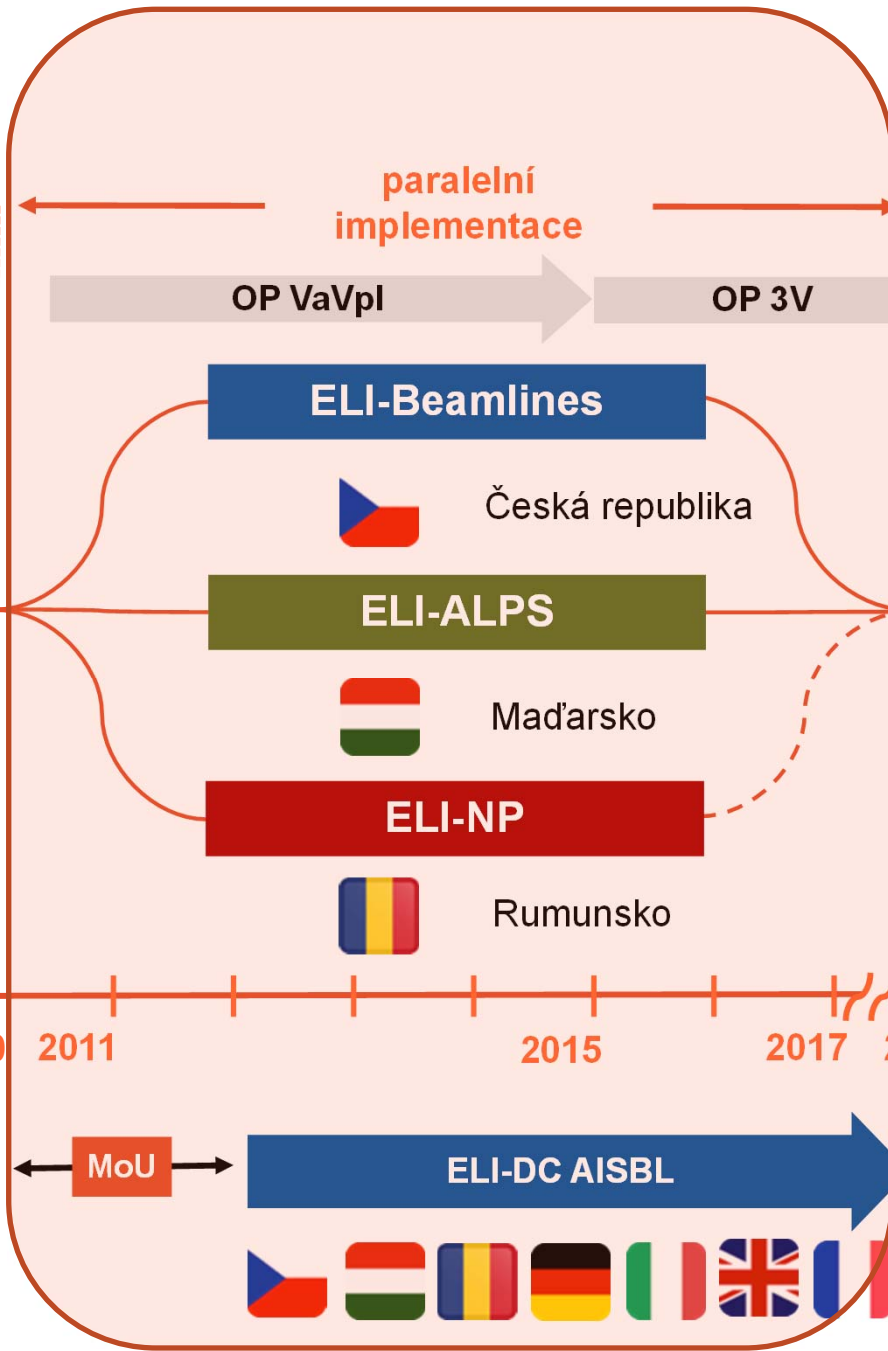
paralelní implementace

společný provoz

13 zemí
40 výzkumných organizací

ESFRI

ELI-PP



ELI ERIC

ELI-Beamlines
Česká republika

ELI-ALPS
Maďarsko

ELI-NP
Rumunsko



PP Consortium

MoU

ELI-DC AISBL

ELI - ERIC



Původní brownfield, archeologický průzkum 2010







Klíčové komponenty laserů L3 a L4,
přesná optomechanika a řídicí
systémy



Systém vakuové distribuce
laserového svazku L4, velké
komory L4 a MOB



Kryogenní chladicí
systém pro L2 laser



Centrální bezpečnostní systém



Vakuové distribuce laseru
Turbo-molekulární vývěvy



Bezolejové pumpy



Systém monitorování radiace



Vakuové komponenty



Vakuové komponenty



Vybudování čistých prostorů v laboratořích



Vývoj a výroba krystalů



Lasery, optika, krystaly



Specializované softwarové řešení



Výpočetní klastr a výpočetní technika



Specializovaná softwarová řešení



Výpočetní technika pro řídicí systémy laserů



HPC klastr



Design, výroba, simulace



Speciální elektrické rozvaděče



Lasery, optika, krystaly



Infrastruktura ELI Beamlines

pilíř ELI se svazky vysokých energií

Support Room
Cryogenic systems, power supply cooling, auxiliary systems

First Floor

L1 - ALLEGRA
5 TW / 100 mJ / 1 kHz
beamline

L2 - DUHA
100 TW / 2 J / 50 Hz
beamline

L3 - HAPLS
1 PW / 30 J / 10 Hz
beamline

L4 - ATON
10 PW / 2 kJ
beamline

- ▬ L1-E1 uživatelský provoz
- ▬ L3-P3/ELIMIAA experimenty
- ▬ L4n-E3 experimenty
- ■ ■ L3-ELBA uvádění do provozu
- ■ ■ L3-E2 probíhá vývoji
- ■ ■ L2-LUIS probíhá vývoj

Ground Floor
Laser Systems

Experimental Hall 1
Material & biomolecular
applications

Experimental Hall 2
X-ray sources

Experimental Hall 3
Plasma physics

L4 - ATON
10PW pulse compressor

Experimental Hall 4
ELIMIAA - ion acceleration

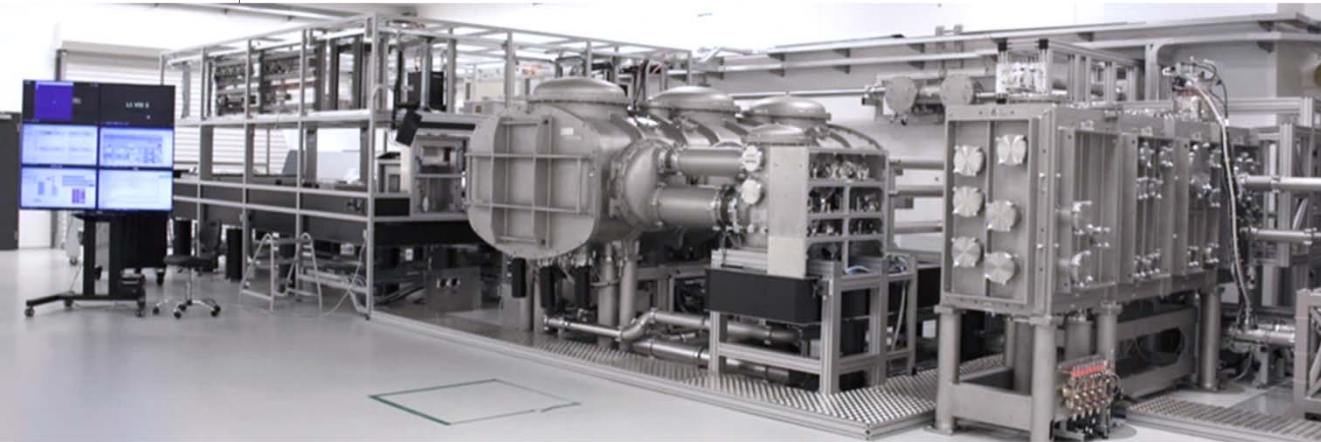
Basement
Experimental Halls

Experimental Hall 5
Electron acceleration
LUX and HELL platforms

Současná nabídka uživatelům (2022)



L1 ALEGRA status laseru



Dosaženo 55 mJ / <15 fs pulsy @ 1 kHz

Rutinní provoz pro uživatele

- ~ 30 mJ na terč v hale E1

- Dostupnost v experimentálních halách: hala E1
- Průměrné využití 6.8 hod. denně pro plánované experimenty uživatelů v E1

- Pikosekundová OPCPA architektura: inherentní vysoký kontrast pulsů
- Systém navržený a vyrobený v ELI-Beamlines (s užitím komerčních tenkodiskových čerpacích laserů)

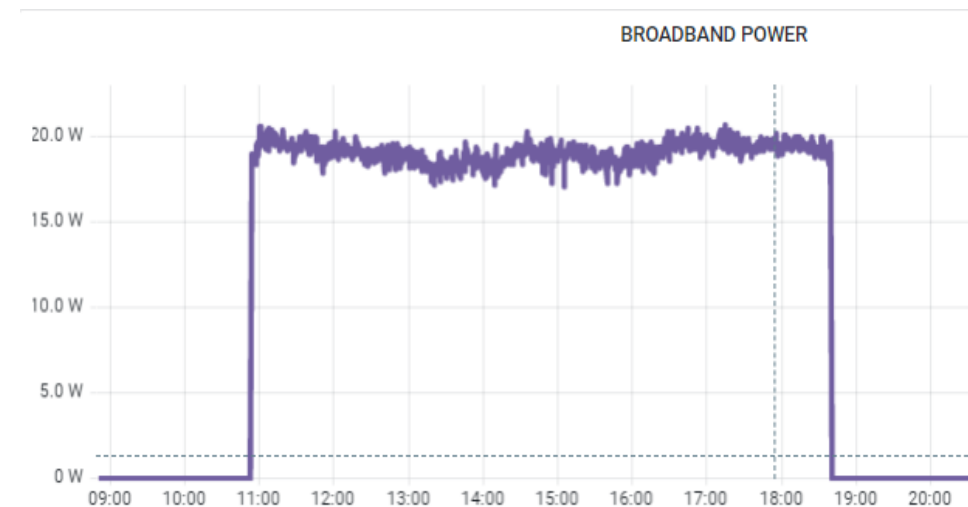
L1 ALLEGRA termíny zásadního vylepšení

VI. 2023

- **druhý svazek >10mJ**, 15 fs, synchronizovaný s L1, libovolné zpoždění s přesností <100fs

XII. 2023

- **100 mJ**, 15 fs pulsy z L1 ALLEGRA (nutné dokončit 0.5 J, 1030 nm zesilovač)



SOFT X-ray (XUV) aplikace: AMO a materiálový výzkum

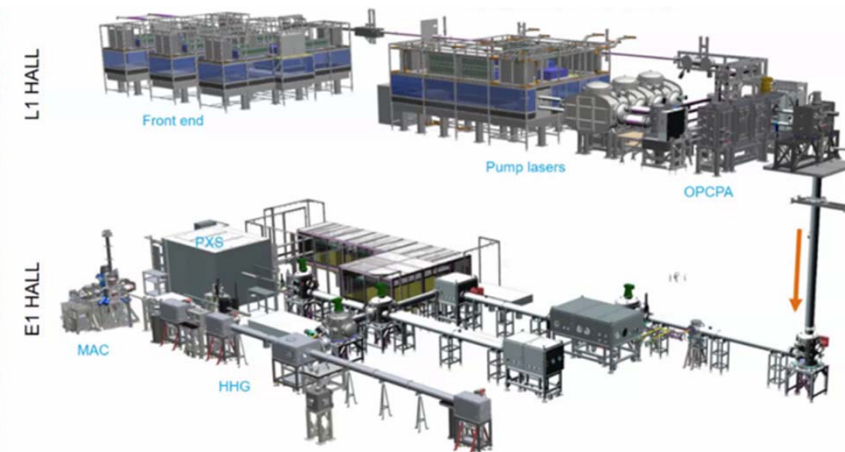
HARD X-ray aplikace: difrakce, spektroskopie, radiolýza

ultra-rychlá optická spektroskopie, od MIR do DUV

plynový terč HHG

E1 Experimentální hala

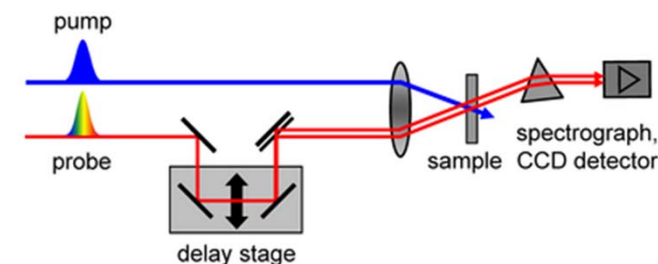
X-ray svazky & koncové stanice



Účelem je fundamentální studium dynamiky procesů!

V experimentální hale E1 experimentální jsme vyvinuli svazky a měřicí stanice pro **experimenty s fotony v rozsahu od mid IR až po Hard X-ray při frekvenci kHz.**

Tyto fotony užíváme pro **časově rozlišené experimenty** s využitím techniky „**pump-probe**“ ke studiu dynamiky v časové škále od **femtosekund** po milisekundy.

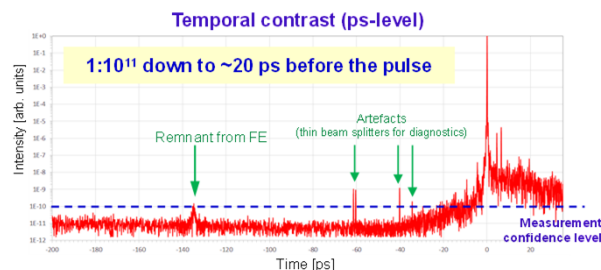
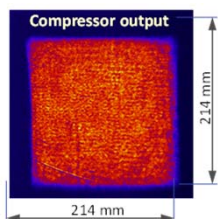




status laseru L3 HAPLS

(High repetition rate Advanced Petawatt Laser System)

- 1 PW svazek s opakovací frekvencí 10 Hz
- Nd sklo, heliem chlazený DPSSL laser
- Ti:safír → řetěz krátkých pulsů, heliem chlazený zesilovač
- Diodové matice s nejvyšším špičkovým výkonem na světě
- Vysoký stupeň automatizace



Plánovaný výkon: 1 PW / 10 Hz
30 J / <30 fs

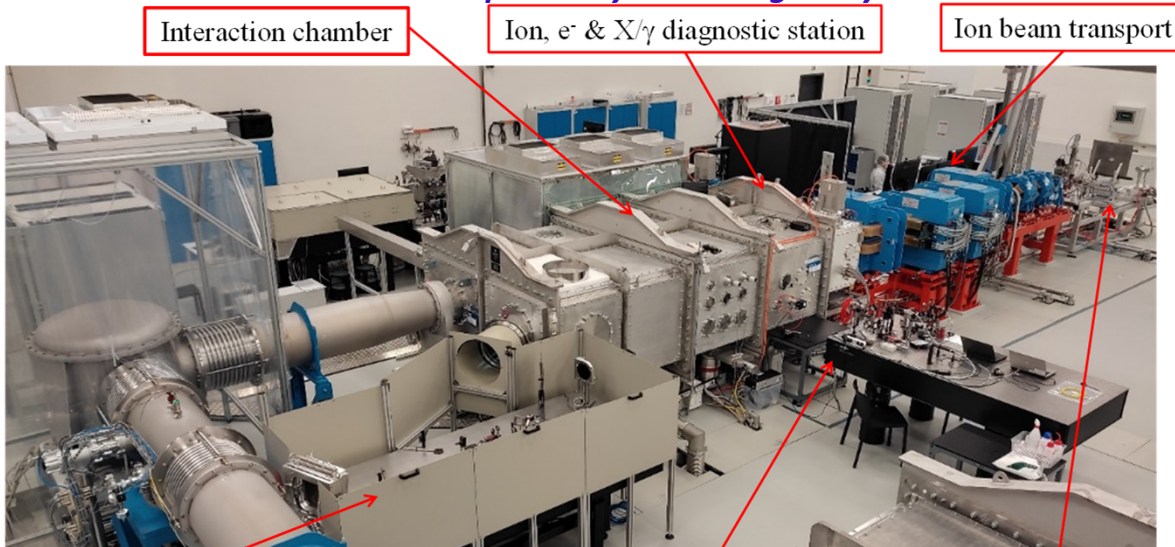
Současný výkon: 0.5 PW / 0.5 Hz, 3 1/3 Hz
13.3 J / 27.3 fs

Zvyšování výkonu na PW / 10 Hz probíhá:

- 1 PW / na požádání jaro - léto 2023
- 1 PW / 3 1/3 Hz jaro - léto 2024
- 1 PW / 10 Hz jaro - léto 2025



F. Schillaci, L. Giuffrida et al., Oddělení urychlování iontů a aplikací vysokoenergetických částic



Interaction chamber

Ion, e⁻ & X/γ diagnostic station

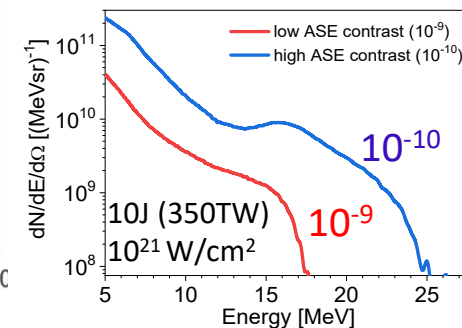
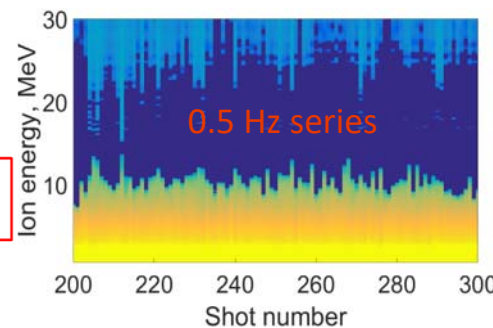
Ion beam transport

In-air laser diagnostic station (BDS) – on-shot & full-power

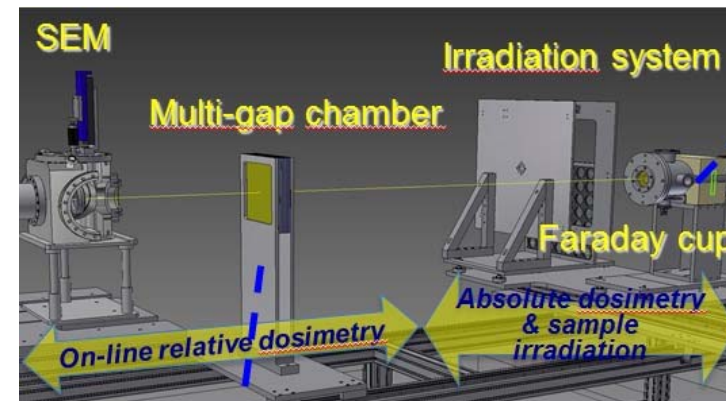
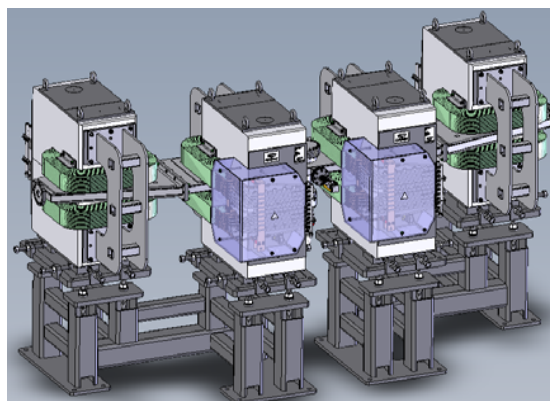
Laser Alignment and Plasma diagnostic stations

Ion Dosimetry and sample irradiation

urychlovač iontů	dosaženo	plán
intenzita laseru	1·10 ²¹ W/cm ²	5·10 ²¹ W/cm ²
energie laseru	>10J	30J
délka pulsu laseru	<30 fs	<30 fs
opakovací frekvence	up to 0.5 Hz	10 Hz
max. energie protonů	25 MeV	100 MeV
tok protonů (>3 MeV)	~ 1·10 ¹⁰ /sr	~ 1·10 ¹¹ /sr



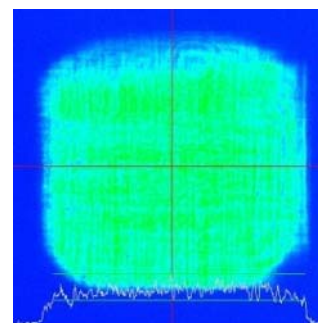
stanice ELIMED	plánované parametry @ vzorek uživatele
energie protonů	5-60 MeV
počet iontů/puls	1·10 ⁸ -1·10 ¹⁰ /sr
délka pulsu	1-10 ns (>10 ⁹ Gy/s)
apertura svazku	~ 1deg (FWHM)
průřez svazku	0.1-10 mm (FWHM)





Parametr	Dosažená hodnota
energie pulsu CPA	1512 J
šířka spektra FWHM	~14 nm Gaussovský fit stlačitelnost bez optimalizace 154 fs
energie dlouhého pulsu (LP)	1180 J
šířka pulsu / časový tvar	<0.5-10 ns 125 ps, 60 ps nárůst
současná frekvence výstřelů	1 za 2 minuty

- Mix Nd skel v zesilovačích výkonu, skýtající spektrální šířku >15 nm a komprese pulsu ≤ 150 fs
- moderní chladicí kapalinový systém k dosažení frekvence 1 výstřel/1min
- nanosekundové kJ pulsy s programovatelným časovým průběhem
- kompaktní rozměry, laserové stoly 19.8 m × 6.1 m
- vývoj: National Energetics / EKSPILA / ELI Beamlines

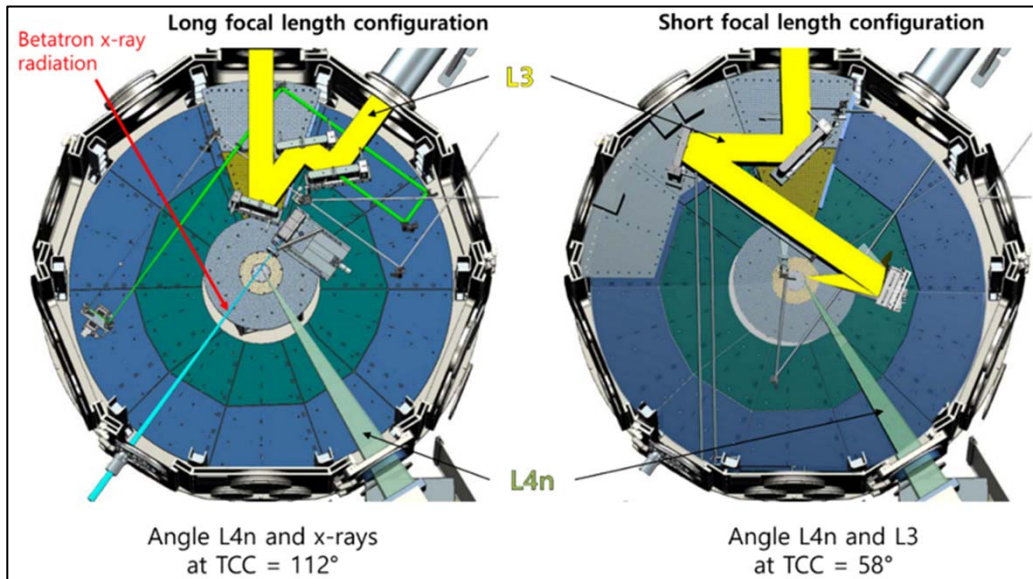
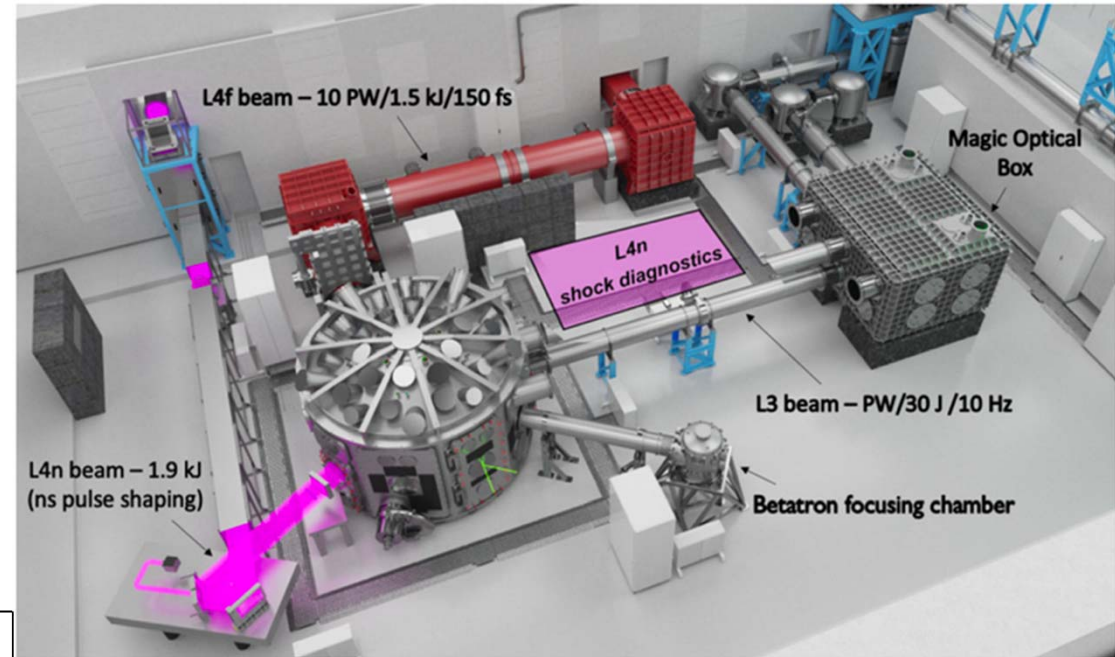


PA2 příčný rozměr svazku

- 323x323 mm kJ LP
- 620x620 mm 10 PW

S. Weber et al., Oddělení fyziky plazmatu a interakcí s ultravysokou intenzitou

- ➔ L4n jako ovladač pro generování šoků & L3 jako diagnostický nástroj
- ➔ L3-SFL: energetické protony (radiografie), K-alfa, gama fotony (jednotky MeV); f/3 OAP, fokální délka 0.75 m
- ➔ L3-LFL: betatronová radiace v širokém pásmu, potenciálně elektrony (?!); f/20 sférické zrcadlo, fokální délka ~5 m

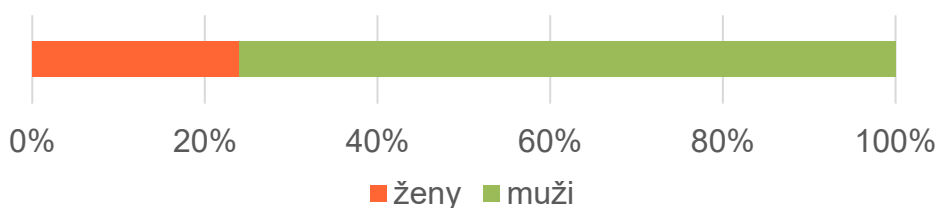


- ➔ L4n a L3 mohou být synchronizovány s vibrací ~20 ps v současné době

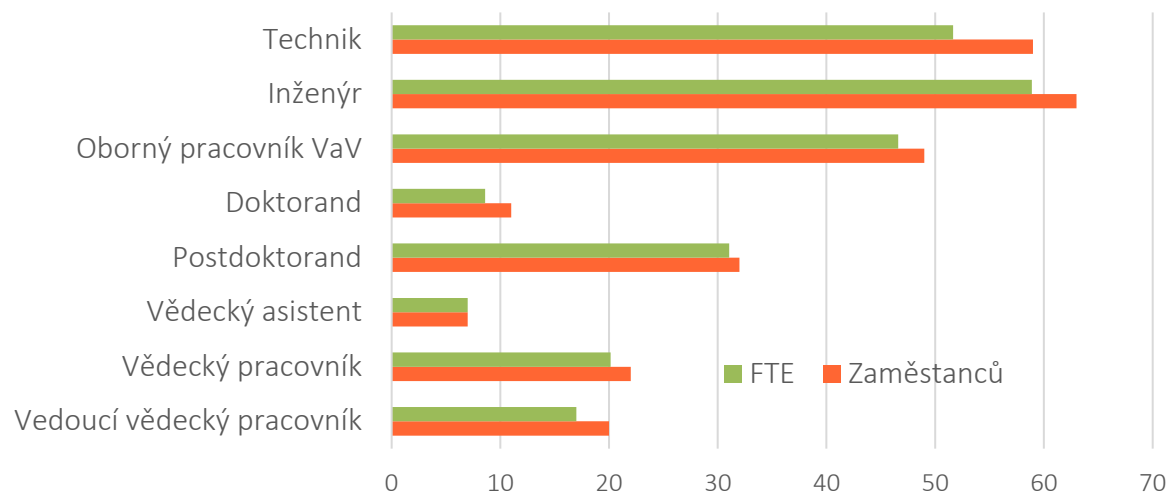
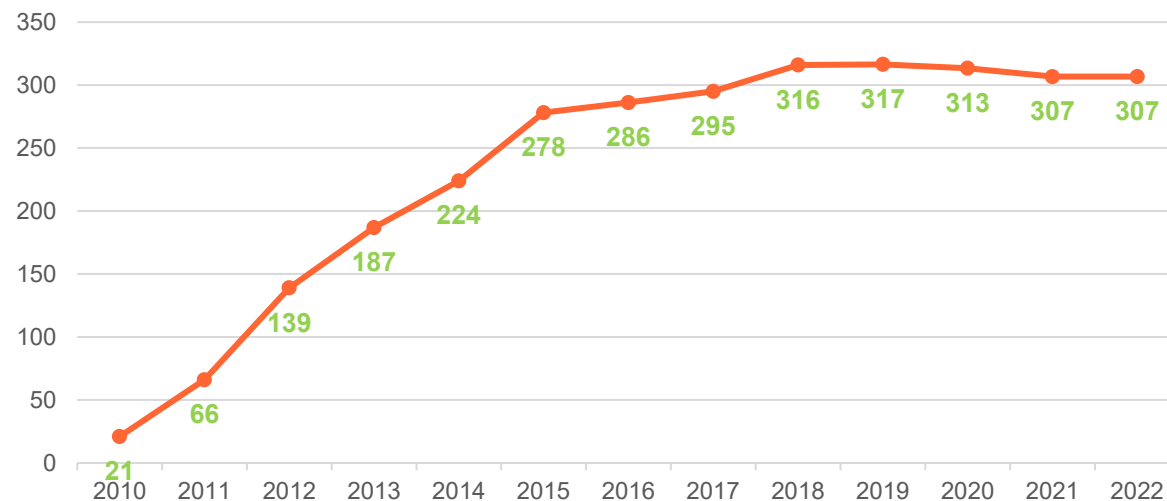


Zaměstnanci ELI Beamlines

- Česko
- Bulharsko
- Indie
- Jižní Korea
- Maďarsko
- Polsko
- Řecko
- Švédsko
- UK
- Argentina
- Čína
- Itálie
- Kostarika
- Moldávie
- Slovensko
- Taiwan
- Austrálie
- Francie
- Jižní Afrika
- Kypr
- Německo
- Rakousko
- USA
- Turecko
- Bangladeš
- Chorvatsko
- Kolumbie
- Litva
- Nepál
- Rusko
- Španělsko
- Ukrajina



ELI Beamlines počet přepočtených úvazků 2010-2022



společná iniciativa

paralelní implementace

společný provoz

13 zemí
40 výzkumných organizací

ESFRI

ELI-PP



OP VaVpl

OP 3V

ELI-Beamlines



Česká republika

ELI-ALPS



Maďarsko

ELI-NP



Rumunsko

ELI ERIC



2006 2007

2010 2011

2015

2017

2021

2022

PP Consortium

MoU

ELI-DC AISBL

ELI - ERIC



ELI-ALPS

Szeged, Maďarsko

květen 2017



- **5 laserových zdrojů: 2 PW, 5mJ 100kHz, 100mJ 1kHz, MIR 3.1 μ m100kHz, THz 5J**
- **10 sekundárních zdrojů: GHHG HR, MIR, THz, SHHG, e, iontový urychlovač**
- **8 experimentálních stanic: Atto, CMF, nano mat., Plasma Phys, Radiobio, HRI, THz SCR**
- **270 zaměstnanců, 30 000 m²**

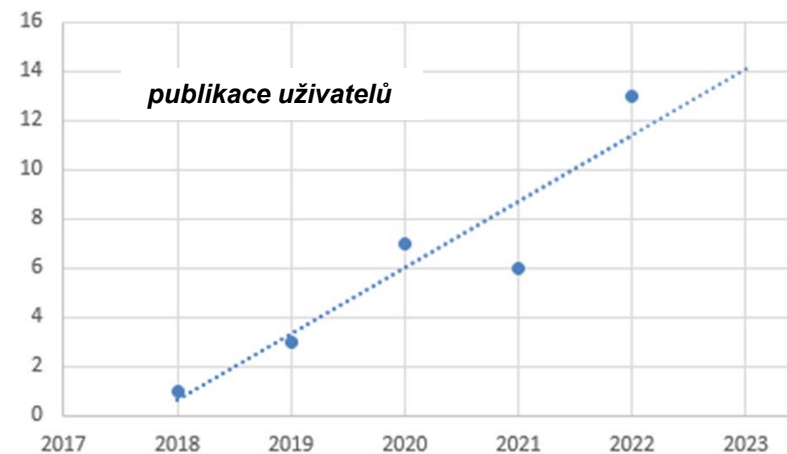
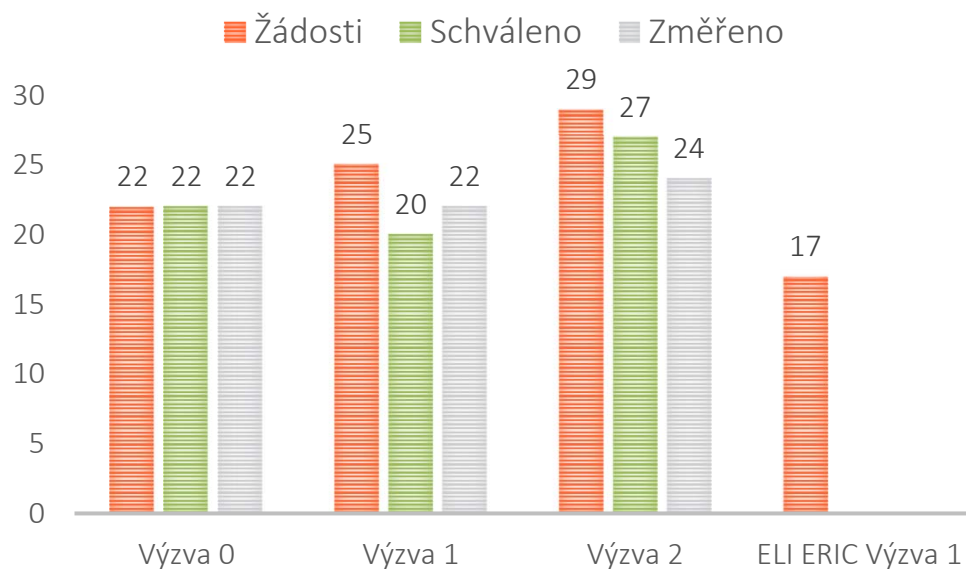
ELI-NP
Măgurele, Rumunsko
září 2016



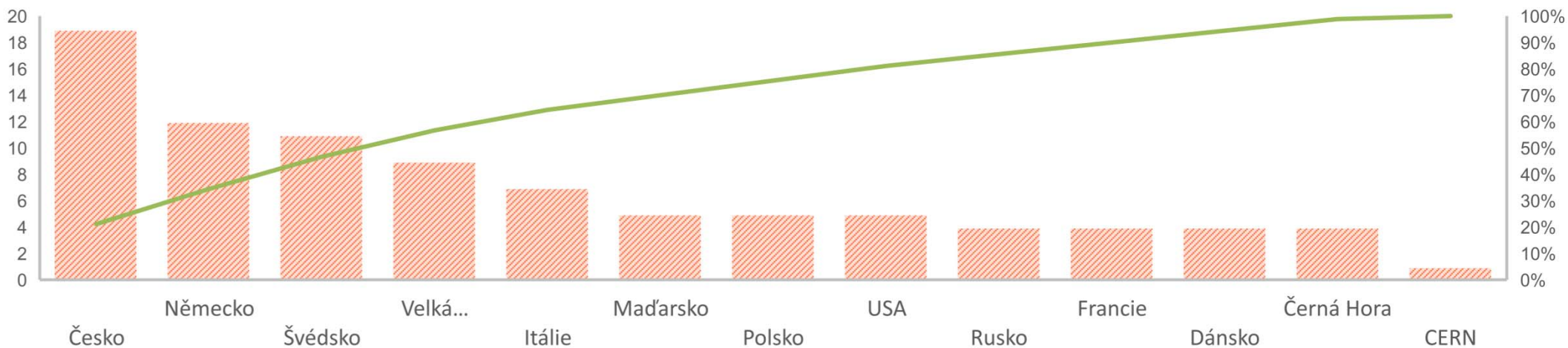
- **laserové zdroje:** **2x10 PW lasery se synchronizací na škále fs**
- **Systém gama svazku:** **0.2-20 MeV gama svazek, laditelný, narrow band**
- **8 experimentální haly:** **laser + laser, gama, laser + gama**
- **33,000 m² + ubytovna**

*ELI-Beamlines
Dolní Břežany, Česká republika
prosinec 2015*

- *5 laserových zdrojů: 10 PW, 1 PW 10Hz, 100mJ 1kHz lasery s fs synchronizací*
- *7 sekundárních zdrojů: X-rays 1-150 keV, e 3 GeV, p 50-200 MeV urychlovače*
- *9 experimentálních stanic: MAC, ELIps, TREX, SRS, Plasma Physics Platform*
- *340 zaměstnanců, 31 000 m²*



ELI BEAMLINES USERS BY COUNTRIES 2019-10/2022





Členské země podporují ELI ERIC společně ze svých národních zdrojů.

Založeno v dubnu 2021

Česká republika,
hostitel ELI Beamlines
a sídla ELI ERIC



Maďarsko,
hostitel ELI ALPS



Itálie
řádný člen



Litva
řádný člen



Německo
pozorovatel



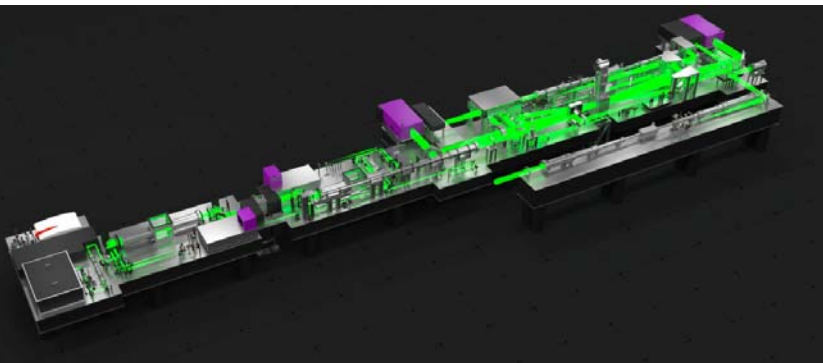
Bulharsko
pozorovatel



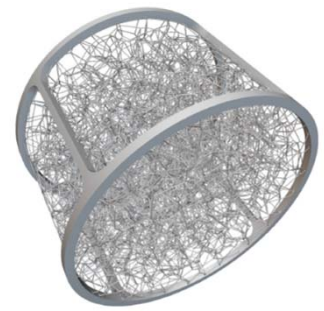
Integrace do ELI ERIC od 1. ledna 2023

Studium jaderné fúze. Přípravné experimenty, školení mladých vědců, diagnostické testování.

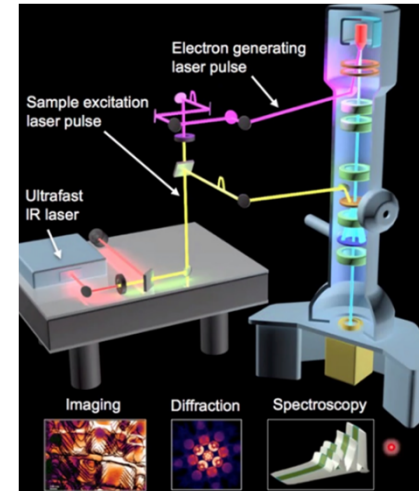
Výroba mikro-optických přístrojů pro vysokovýkonnou interakci laseru s hmotou.



Vývoj nejmodernějších laserů pro průmyslové a akademické využití. Spolupráce s HILASE na vývoji a experimentálním využití Laseru KAZI. Testování detektorů pro CERN. Zapojení v ESFRI projektu EUPRAXIA – kompaktní urychlovače



VaV iniciativa pro vývoj pěnových terčů. První publikace. Potenciál pro vznik společné laboratoře se zapojením průmyslových partnerů



Společný projekt ELIBIO zaměřený na strukturní dynamiku. Pokračování spolupráce v oblasti využívání Cryo-EM.



Děkuji za pozornost