

## TÉMA ČÍSLA

### VÝZKUM A VÝVOJ LASEROVÝH TECHNOLOGIÍ

LASERY A LASEROVÉ TECHNOLOGIE PŘEDSTAVUJÍ OBLAST, KTERÁ SE V POSLEDNÍCH LETECH INTENZIVNĚ ROZVÍJÍ. NA VÝZKUM TOHOTO OBORU SE VE SVĚTĚ VYNAKLÁDAJÍ ZNAČNÉ FINANČNÍ PROSTŘEDKY A ÚMĚRNĚ TOMU ROSTE I POČET VĚDECKÝCH PUBLIKACÍ, KTERÉ SE ZABÝVAJÍ PROBLEMATIKOU LASERŮ.



### VÝZKUMNÉ CENTRUM HILASE

JEDNÍM Z PROJEKTŮ REGIONÁLNÍCH CENTER VAV JE I PROJEKT FYZIKÁLNÍHO ÚSTAVU AV ČR, V. V. I., HILASE: NOVÉ LASERY PRO PRŮMYSL A VÝZKUM... HLAVNÍM CÍLEM PROJEKTU JE VYVINOUT LASEROVÉ TECHNOLOGIE S PRŮLOMOVÝMI TECHNICKÝMI PARAMETRY. VÝZKUM JE SPECIFICKY ZAMĚŘEN NA LASERY S VYSOKÝM VÝKONEM A VYSOKOU OPAKOVACÍ FREKVENCÍ, KTERÉ JSOU ZALOŽENÉ NA DIODOVÉM ČERPÁNÍ.

## LASERY OŽIVILY DOLNÍ BŘEŽANY

Ať dělám, co dělám, jsem pamětník. Dolní Břežany, obec jižně od Prahy, jsem poznal před půlstoletím při cyklistických výjezdech z Prahy. Tehdy i Kačerov, dnešní konečná metra a její rušné okolí, to byla pole a staveniště prvních „paneláků“. A Břežany? To už byl venkov na šotolinové silnici. Praha se mezitím rozrostla o Jižní Město, jižní okraj Prahy se posouval dál a dál od centra a Dolní Břežany, ač už ve Středočeském kraji, se Prahy skoro dotýkají.



Listopad 2012

Největší stavební ruch a pak i oživení obce přineslo rozhodnutí umístit do Dolních Břežan objekty výzkumných center ELI a HiLASE. Před pouhými dvěma roky ECHO zaznamenalo „čas pokládání základních kamenů největších VaV center v Česku“ a fotograficky dokumentovalo tehdejší stav. Fotografii z listopadu 2012 vévodí břežanský kostel, aktuálnímu snímku pořízenému skoro ze stejného místa pak jednoznačně dominuje futuristická stavba laserového centra HiLASE.

Není třeba mít příliš velkou fantazii pro přirovnání budovy HiLASE k přídi lodě, která se nějak záhadně ocitla uprostřed obce v nadmořské výšce kolem 250 metrů. Jako na lodi, a přímo na kapitánském můstku, se cítí ve své pracovně inženýr Tomáš Mocek, vědecký koordinátor a vedoucí výzkumného centra HiLASE. Poněkud skromnější a o několik století archaičtější plavidlo, východoasijskou džunku, má ve své pracovně na velkoformátovém obraze. A k podobnosti obrazu s budovou HiLASE má i svůj výklad:

„Parametry našich laserů leží v oblasti Terra Incognita, takže hlavním posláním Centra HiLASE je neustále objevovat a překonávat limity současných technologií. Na tomto motivačním obraze je HiLASE symbolizován expediční lodí, která se po dlouhé plavbě blíží k neznámé pevnině. Povšimněte si, že hlavním způsobem pohybu lodi jsou vedle plachty vesla, což zdůrazňuje klíčový význam posádky a dobře sešlapaného týmu. Loď nemá žádné útočné

zbraně, ale pouze obranné prvky, neboť jsme objevitelé, a nikoli dobyvatelé. Proměnlivé počasí zase symbolizuje prvek nejistoty, který je typický pro jakoukoli vědeckou činnost. Matka Příroda si někdy prostě nedá říct...“

A jak hodnotí inž. Mocek umístění centra v Dolních Břežanech a jaká je pozice a spolupráce s místní a regionální samosprávou?



Květen 2015

„Umístění výzkumného centra HiLASE v Dolních Břežanech lze hodnotit jen pozitivně. Prostředí je velice příjemné. Obec je řešena moderně, je upravená a neustále se rozvíjí. Přibývají i ubytovací možnosti, někteří pracovníci centra zde již bydlí i se svými rodinami. Letos se zde také otevře penzion a rozšíří se ubytovací kapacity, což umožní v blízkosti centra ubytovat naše hosty.“



Také spolupráce se samosprávou v Dolních Břežanech je výborná. Výzkumné centrum HiLASE se snaží integrovat do života obce a zapojuje se do některých akcí realizovaných radnicí v Dolních Břežanech. Z tohoto pohledu je velmi důležitá otevřenost vůči okolí. Výzkumné centrum HiLASE proto pravidelně pořádá dny otevřených dveří a další obdobné akce i pro obyvatele obce.“

BŘETISLAV KOČ, FOTO B. KOČ A V. ALBREFT

# Vážení čtenáři,

česká politika výzkumu a vývoje se dlouhodobě nachází v málo srozumitelném stavu. Na jedné straně patříme mezi státy s celkem vysokými investicemi do VaV. V současnosti investujeme téměř 2 % HDP do VaV, což nás řadí na 13. místo v EU-28. Nové členské státy (s výjimkou Slovinska) mají toto procento výrazně nižší, ale nižší je i v případě Itálie, Španělska, a dokonce i ve Spojeném království. Jenže na druhé straně máme značné obtíže „identifikovat se s tím, do čeho jsme investovali“. V minulém fiskálním období (2007–2013) jsme investovali přibližně 50 mld. Kč z veřejných prostředků (ze strukturálních fondů a ze státního rozpočtu) do budování „center excellence“, jejichž výsledkem mají být unikátně vybavené instituce, které by měly zaujmout skutečně významné místo v Evropském výzkumném prostoru. Tuto ambici však jaksi dostihla realita „trvale udržitelného financování“ takto budovaných institucí. Z příležitosti „alespoň v něčem být na světové úrovni“ se tak v myslích mnohých stal kámen, který stahuje zdejší současné výzkumné instituce pod vodu. Za takových okolností se těžko vyhnout otázce „kdo za to může?“, na kterou opět v „myslích mnohých“ je už dávno prefabrikovaná odpověď: „ten, kdo poskytl finance, tedy Brusel“. Operační program VaVpl (2007–2013), z jehož rozpočtu jsou centra budována, vycházel z analýzy, která jako silnou stránku tehdejšího českého VaV označila to, že pracoviště akceptují systém financování podle dosažených výsledků. Tedy mnohá pracoviště akceptovala onen způsob hodnocení přezdívaný jako „kafemlejnec“, který však následně začala odmítat a který se nyní s nemalými finančními náklady nahrazuje nově připravovanou metodikou hodnocení VaV. Mnozí nyní tvrdí, že jakmile překonáme následky našich dřívějších rozhodnutí, skvělá budoucnost zdejšího systému výzkumu a vývoje nás nemůže minout. ECHO si neklade za



cíl napřimovat křivolaké cesty, po kterých kráčí „mysl mnohých“, ale chce informovat čtenáře o tom, v jakém stavu se ty ambiciózní projekty nacházejí, s čím se potýkají, čeho už dosáhly a jak nabyté zkušenosti formují jejich další vizi. V tomto čísle přinášíme informace o laserovém centru HiLASE, které zahájilo provoz v letošním roce. Současně uvádíme výtah ze studie o výzkumu v oblasti využití laserů a laserových technologií, kterou vypracovalo Technologické centrum, a nabízíme tak čtenáři jistou referenční rovinu, aby si mohl sám udělat názor na unikátnost tohoto projektu. Chci předeslat, že HiLASE se už nyní podařilo uspět v tom, v čem česká pracoviště VaV zůstávají za svými (řekněme západoevropskými) vzory: tým HiLASE je skutečně mezinárodní. Se zahraničními kolegy se lze dnes setkat v leckterém výzkumném týmu, ale jen málokdy jsou ve vedoucích pozicích. Naproti tomu v HiLASE všechny výzkumné programy zahraniční experti vedou!

Evropská komise uveřejnila expertní „ex-post hodnocení“ tří tematických priorit 7. RP a hodnocení dalších priorit připravuje. V tomto čísle upozorňujeme na hodnocení priority Životní prostředí (včetně klimatických změn). Indikátory použité při hodnocení tohoto programu se nijak dramaticky neliší od indikátorů, které známe z „kafemlejnku“, tj. dopad programu se posuzuje podle počtů článků, patentů, vzorů atd., ale nadto třeba i podle počtu vyškolených doktorandů. Jednu odlišnost však nelze přejít bez povšimnutí: v hodnocení je uveden i odhad tržního potenciálu výsledků dosažených v projektech. Lze sice pochybovat o spolehlivosti uvedených odhadů (bohužel autoři zprávy nedávají příliš nahlédnout do své metodické kuchyně), ale zpráva dává podnět k hodnocení socioekonomických dopadů veřejných investic, který bychom neměli přejít bez povšimnutí při zdejších pokusech o tu správnou metodiku hodnocení VaV. Současně bychom ale měli požadovat, aby se i Evropská komise řídila při hodnocení dopadu svých výzkumných programů svými vlastními doporučeními (z této zprávy), která, dodejme, se jen málo liší od toho, co již požadovala konference EUFORDIA organizovaná během českého předsednictví v radě EU v r. 2009.

VLADIMÍR ALBRECHT

## ECHO

Informace o evropském výzkumu, vývoji a inovacích  
ISSN 1214 – 7982  
Tisková verze ISSN 1214-7982, on-line verze ISSN 1214-8229  
Evidenční číslo MK ČR E 15277



Vydavatel:  
Technologické centrum AV ČR  
Ve Struhách 27, 160 00 Praha 6  
Tel. 234 006 100  
e-mail: tc@tc.cz

Vydávání je hrazeno projektem LM 2010010 CZERA (modul II) – Česká republika v Evropském výzkumném prostoru, podporovaným MŠMT z programu Projekty velkých infrastruktur pro VaVal.

### Redakční rada:

Ing. Karel Aim, CSc.  
RNDr. Vladimír Albrecht, CSc., předseda  
Ing. Miloš Hayer, CSc.  
Ing. František Hronek, CSc.  
RNDr. Miloš Chvojka, CSc.  
Prof. RNDr. Josef Jančář, CSc.  
Ing. Miroslav Janeček, CSc.  
Ing. Karel Klusáček, CSc., MBA

kaim@icpf.cas.cz  
albrecht@tc.cz  
hayer@kav.cas.cz  
hronekf@volny.cz  
chvojka@tc.cz  
jancar@fch.vutbr.cz  
janecek@avo.cz  
klusacek@tc.cz

### Redakce:

Ing. Břetislav Koč, tel.: 724 247 074, e-mail: echo@tc.cz

Tisk: Art D  
Redakční uzávěrka 10. 4. 2015

## OBSAH

str. 2 **Lasery oživily do Dolní Břežany**  
Břetislav Koč

str. 3 **Editorial**  
Vladimír Albrecht

str. 4 **Výzkumné infrastruktury budované s pomocí strukturálních fondů formují prostředí českého VaV**  
Vladimír Albrecht

### TÉMA ČÍSLA

str. 5 **Výzkum a vývoj laserů a laserových technologií**  
Zdeněk Kučera, Daniel Frank, Jiří Janošec

str. 10 **Výzkumné centrum HiLASE**  
Zdeněk Kučera, Jiří Janošec

str. 18 **Rozhovory s manažery výzkumného centra HiLASE**

str. 21 **Hodnocení tematické priority Životní prostředí v 7. RP**  
Jana Čejková

# Výzkumné infrastruktury budované s pomocí strukturálních fondů formují prostředí českého VaV

Od počátku přípravy Národního rozvojového plánu ČR pro období 2007–2013 byl výzkum a vývoj považován za jeden z hlavních pilířů, na kterých musí stát jakákoli strategie konkurenceschopnosti ČR. Tomu ČR přizpůsobila i portfolio strukturálních fondů (SF), které mohla v tomto období čerpat až do výše 26,7 mld. €. Připomeňme, že ČR se rozhodla čerpat tyto prostředky prostřednictvím 26 operačních programů (OP), které měly přispět k dosažení tří cílů. Zdaleka největší podíl z této sumy, totiž 25,9 mld. €, připadl na cíl Konvergence, jehož dosažení mělo významně přispět ke snížení rozdílů mezi ČR a vyspělými státy EU. Tento cíl pokrýval sedm regionálních OP a osm tematických OP. Na tematické programy bylo alokováno 21,2 mld. € a z nich pak operační program Výzkum a Vývoj pro Inovace (VaVpl) disponoval rozpočtem 2,07 mld. €, tedy asi 7,8 % celkové sumy SF, která mohla být alokována v ČR.

Lze konstatovat, že ve fiskálním období 2007–2013 se portfolio využití strukturálních fondů v ČR dosti odlišovalo od ostatních tzv. nových členských států EU. Odlišnost byla nejen v tom, že ČR rozdělila podporu ze SF do mimořádně vysokého počtu 26 operačních programů (jak Polsko, tak Maďarsko mělo 15 OP), ale i tím, že už v období 2007–2013 si ČR prosadila vyčlenění poměrně vysoké části z celkových prostředků SF na podporu výzkumu a vývoje (nové členské státy většinou alokují SF na podporu výzkumu a vývoje teprve v nynějším období).

Pro samotnou modernizaci a výstavbu nových zařízení výzkumu a vývoje byla navržena částka 971 mil. €, tedy téměř 47 % rozpočtu OP VaVpl. Připomeňme ještě, že SF vždy „jen“ kofinancují navrhované projekty: 85 % rozpočtu projektu jde ze SF, zbylých 15 % pak poskytnou národní zdroje. Čili pro výstavbu a modernizaci infrastruktury výzkumu a vývoje OP VaVpl celkově disponoval rozpočtem 1 143 mil. €. Už jen tato částka ukazuje, že ČR si vytyčila v oblasti výzkumu a vývoje velmi ambiciózní investiční záměr, který při střízlivém posuzování nezřídka vyvolával obavy, zda ČR bude mít dost prostředků a lidských kapacit pro zajištění chodu nově vybudované infrastruktury.

OP VaVpl [1] v gesci Ministerstva školství mládeže a tělovýchovy (MŠMT) podpořil vznik výzkumných center dvojího typu:

Jedná se o osm výzkumných evropských center excelence [2] zaměřených na špičkový výzkum světové úrovně. Centra, která budou disponovat jedinečnou infrastrukturou a kritickou velikostí, umožní reagovat na globální výzvy a přispějí k rozvoji spolupráce domácích výzkumných týmů s předními mezinárodními výzkumnými organizacemi a evropskými výzkumnými infrastrukturami, a napomohou tak k vytvoření stabilních podmínek pro dlouhodobý rozvoj kvalitních výzkumných pracovišť v ČR. Centra by se měla podílet i na transferu nových technologií a know-how do praxe a na poskytování vysoce kvalitního výcviku pro studenty.

Dále jde o 40 regionálních center VaV zaměřených na potřeby aplikační sféry. Intenzivní spolupráce těchto center s aplikační sférou a využití jejich poznatků v podnicích povede k zavádění inovací, a zajistí tak vyšší konkurenceschopnost českého průmyslu.

Investice vynaložené z OP VaVpl tak přispěly ke značnému zlepšení výzkumné infrastruktury v ČR a je třeba zajistit, aby se odrazily nejen

ve zvýšení kvality domácího VaV, ale přispěly i k socioekonomickému rozvoji ČR. V souvislosti s postupným dokončováním výstavby těchto center se stává aktuálnější otázka zajištění jejich dlouhodobé finanční udržitelnosti, neboť tato centra musí plnit své poslání po dobu pěti let po ukončení financování z OP VaVpl.

MŠMT v těchto souvislostech vyhlásilo Národní programy udržitelnosti [3], které by těmto centrům měly zajistit významnou část jejich provozních nákladů. Poměrně velký podíl rozpočtu center by také měly tvořit příjmy ze smluvního výzkumu. Výše těchto příjmů je stanovena v návrzích projektů a je součástí tzv. výkonnostních smluv. Podíl těchto příjmů na provozních nákladech center se v jednotlivých projektech liší, v případě evropských center excelence se pohybuje na úrovni 10 %, v případě regionálních center VaV činí průměrný podíl smluvního výzkumu přibližně 28 % provozních nákladů [4]. Zbývající část provozních nákladů musejí centra získat z mezinárodních výzkumných programů a iniciativ (zejména z rámcového programu Horizont 2020), národních programů VaVal a dalších zdrojů.

Příjmy ze smluvního výzkumu budou centra získávat od domácích i zahraničních zákazníků. Některá výzkumná centra budou vybavena špičkovým a ve světovém měřítku unikátním výzkumným zařízením, lze tedy spíše předpokládat, že převážná část příjmů bude ze zahraničí. Z tohoto důvodu je zapotřebí tato centra otevřít mezinárodnímu využití a od počátku je nutné usilovat o poskytování jejich služeb v prostředí globální znalostní společnosti.

Výzkumná pracoviště ČR se liší od západoevropských pracovišť (k nimž přece chceme „konvergovat“) v celé řadě aspektů. Na prvním místě nelze přehlédnout, že naše pracoviště jsou v porovnání s těmi západoevropskými „málo internacionalizovaná“. Zatímco vedoucí pracovníci českých týmů jsou téměř bez výjimky Češi, v západoevropských týmech a celých institucích se na vedoucích pozicích setkáme nezřídka s osobnostmi z celého světa. Německá Společnost Maxe Plancka uvádí, že počátkem r. 2013 mělo 38,3 % jejich vědeckých pracovníků jinou než německou národnost, u doktorandů šlo dokonce o 55 % [5]. Jasným znakem konkurenceschopnosti vědecké instituce v globální znalostní společnosti je tak podíl cizinců v její výzkumné kapacitě. Nově budované infrastruktury by měly zvýšit internacionalizaci personální kapacity českého výzkumu a vést k vyššímu zapojení ČR do mezinárodních výzkumných programů, na prvním místě jde ovšem o zapojení do současného programu H2020. Proto se ECHO hodlá už existujícím či teprve vznikajícím infrastrukturám kofinancovaným ze strukturálních fondů věnovat systematicky.

## Odkazy na zdroje informací:

[1] Aktualizovaná verze Operačního programu Výzkum a vývoj pro inovace (2014). Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy (<http://www.opvavpi.cz/cs/siroka-verejnost/zakladni-dokumenty-programu/operacni-program-vyzkum-a-vyvoj-pro-inovace/aktualizovana-verze-operacniho-programu-vyzkum-a-vyvoj-pro-inovace-2014.html>)

[2] Seznam příjemců podpory z Operačního programu Výzkum a vývoj pro inovace (aktualizace ze dne 10. 11. 2014). Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy (<http://www.opvavpi.cz/cs/siroka-verejnost/seznam-prijemcu.html>)

[3] Národní program udržitelnosti I (NPU I) a Národní program udržitelnosti II (NPU II). Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy (<http://www.msmt.cz/vyzkum-a-vyvoj/narodni-program-udrzitelnosti-i-1>, <http://www.msmt.cz/vyzkum-a-vyvoj/narodni-program-udrzitelnosti-ii>)

[4] Vznik a rozvoj infrastruktur pro VaVal v ČR. Studie zpracovaná v rámci veřejné zakázky Úřadu vlády „Analýzy a podklady pro

realizaci a aktualizaci Národní politiky výzkumu, vývoje a inovací“, Technologické centrum AV ČR (2012)

[5] <http://www.mpg.de/facts-and-figures>

VLADIMÍR ALBRECHT,  
TECHNOLOGICKÉ CENTRUM AV ČR,  
ALBRECHT@TC.CZ

## Výzkum a vývoj laserů a laserových technologií

Lasery a laserové technologie představují oblast, která se v posledních letech intenzivně rozvíjí. Na výzkum tohoto oboru se ve světě vynakládají značné finanční prostředky a úměrně tomu roste i počet vědeckých publikací, které se zabývají problematikou laserů. Zároveň také stoupá počet poznatků, které jsou využívány v inovacích, o čemž svědčí dlouhodobé trendy v patentové aktivitě. V tomto sdělení chceme poukázat na patentové aktivity v oblasti laserů a laserových technologií a na mezinárodní spolupráci v této oblasti realizovanou v projektech 7. rámcového programu. V textu jsou využity některé výsledky analýz, které byly zpracovány v rámci veřejné zakázky FZÚ [1] zaměřené na posouzení aplikačního potenciálu výzkumného centra HiLASE.

### VaV LASEROVÝCH TECHNOLOGIÍ – PUBLIKAČNÍ A PATENTOVÁ AKTIVITA

Dlouhodobé trendy v publikační a patentové aktivitě vykazují ovšem určité regionální rozdíly, které lze demonstrovat na počtech patentových přihlášek registrovaných v databázi PATSTAT [2] (*EPO Worldwide Patent Statistical Database*). V listopadu 2014 tato databáze obsahovala bibliografická data, citace a další údaje přibližně o 70 mil. patentových přihlášek ve více než 80 zemích světa. Sledovali jsme patentové přihlášky podané u libovolného patentového úřadu ve světě a podle Smlouvy o patentové spolupráci (*Patent Cooperation Treaty, PCT*) [3], která umožňuje jedinou mezinárodní přihláškou chránit řešení ve více než 140 zemích světa. Do analýzy byly zahrnuty patentové přihlášky bez ohledu na to, zda byl, či nebyl patent udělen.

V prvé části je posouzena patentová aktivita od roku 1960, kde byl sledován počet patentových přihlášek, ve kterých se vyskytovalo slovo „laser“ v jejich názvu nebo abstraktu. Ve druhé části jsou posouzeny trendy pro vybrané technologie a produkty nabízené výzkumným centrem HiLASE od roku 2000. V tomto případě byla k výběru relevantních patentových přihlášek pro jednotlivé produkty a technologie nalezena vhodná klíčová slova a jejich logická kombinace a následně k nim přiřazeny patentové přihlášky. Tento výběr však nemusí být úplný, případně v něm mohou být zařazeny i přihlášky, které svým zaměřením danému produktu nebo technologii zcela neodpovídají.

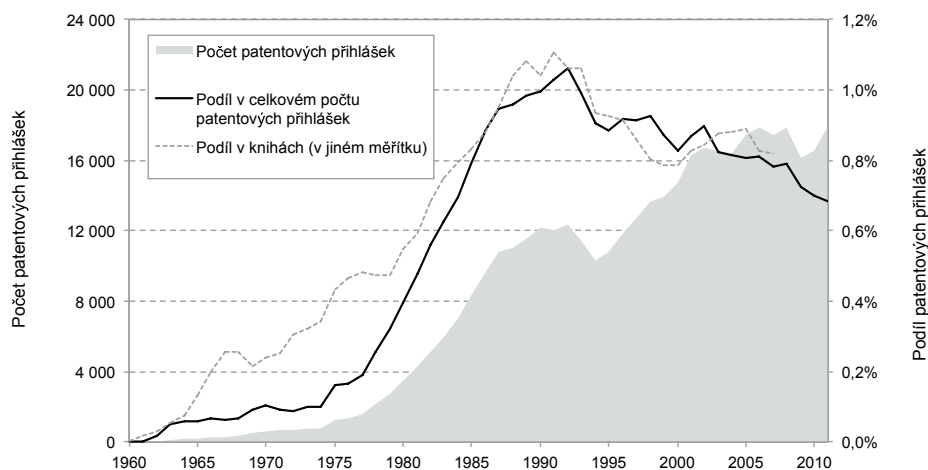
### HISTORICKÝ VÝVOJ PUBLIKAČNÍ A PATENTOVÉ AKTIVITY

Princip laseru a teoretické základy sice již v roce 1917 publikoval Albert Einstein, avšak

první laser vznikl až v roce 1960. Počet patentových přihlášek i vědeckých publikací, týkajících se laserů, od toho roku prakticky nepřetržitě roste. Zároveň narůstá i jejich podíl v celkových počtech publikací a patentových přihlášek (a tedy jejich počet roste rychleji než celkový počet publikací, příp. patentových přihlášek). To svědčí o tom, že lasery již od svého vzniku přitahují pozornost nejen vědeckých pracovníků zabývajících se (základním) výzkumem laserů, ale i techniků snažících se nalézt jejich aplikace (viz **graf 1**). Z grafu je také patrné, že v šedesátých letech narůstá zejména publikační aktivita. Počet patentových přihlášek roste zprvu méně, avšak přibližně v polovině sedmdesátých let nastává zlom a patentová aktivita začíná výrazně narůstat. Tento nárůst může souviset s objevem laserů, které nacházejí stále větší a větší uplatnění v praxi, nebo s objevem nových technologií jejich výroby (jako jsou například nové technologie přípravy polovodičových laserů nalezené počátkem sedmdesátých let).

Výrazná změna nastává počátkem devadesátých let, kdy se podíl publikací (příp. knih) a patentových přihlášek v jejich celkových počtech začíná snižovat. Absolutní počty publikací i patentových přihlášek však stále rostou. Pokles jejich podílu je tedy způsoben tím, že celková publikační i patentová aktivita roste rychleji.

V počtu patentových přihlášek (šedá plocha v grafu 1) jsou také patrné některé výkyvy související s hospodářskou situací. Zřetelný pokles



**Graf 1 – Vývoj počtu patentových přihlášek a knih zaměřených na lasery 1960–2010.**

Šedou plochou je znázorněn vývoj počtu patentových přihlášek, plnou černou čarou je znázorněn jejich podíl v celkovém počtu patentových přihlášek. Pro porovnání je čárkovanou linkou znázorněn podíl knih, ve kterých se vyskytuje „laser“ (měřítko neodpovídá škále uvedené na pravé straně grafu, neboť je upraveno tak, aby průběh podílu patentových přihlášek i publikací obsahujících slovo laser byl od roku 1990 přibližně stejný).

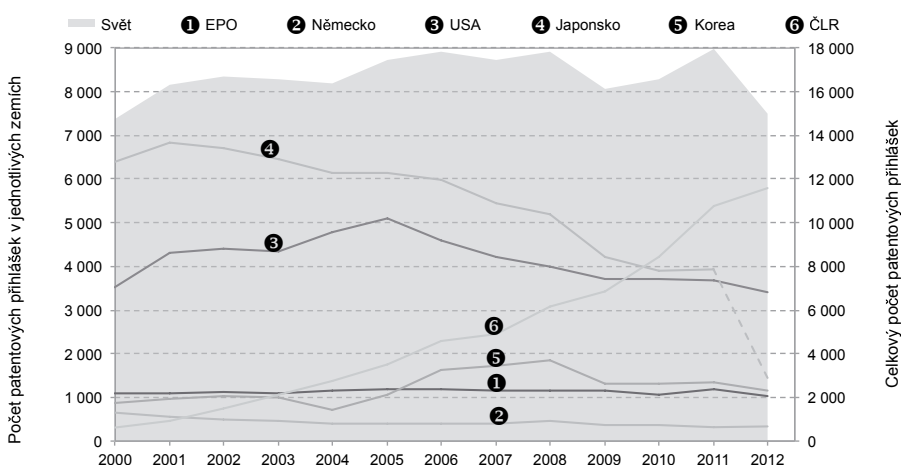
**Zdroj dat:** Patentová databáze PATSTAT (*EPO Worldwide Patent Statistical Database*) z listopadu 2014, databáze Thomson Reuters Web of Science, Google Books Ngram Viewer

počtu patentových přihlášek týkajících se laserů počátkem devadesátých let souvisí zejména s poklesem patentové aktivity v Japonsku (u Japonského patentového úřadu, JPO, <http://www.jpo.go.jp/>), která pravděpodobně nastala v souvislosti se splasknutím realitní bubliny a následnou bankovní krizí. V této době (tj. mezi roky 1990 a 1994) se počet patentových přihlášek zaměřených na lasery podaných u JPO snížil téměř o 30 %, přičemž v roce 1990 pocházela z JPO přibližně třetina světového počtu patentových přihlášek zaměřených na lasery. Poněkud menší pokles je patrný i v některých evropských zemích, což může v tomto případě souviset se zpomalením hospodářského vývoje počátkem devadesátých let. Z grafu 1 je také patrný pokles patentové aktivity ve druhé polovině minulého desetiletí, který nastal v souvislosti s hospodářskou krizí.

Ve vývoji patentové aktivity týkající se laserů jsou však značné regionální rozdíly. To je patrné z **grafu 2**, kde je porovnán vývoj patentové aktivity v této technologické oblasti v letech 2000 až 2012 u několika patentových úřadů (Evropský patentový úřad, EPO (<http://www.epo.org/>) a patentové úřady v Německu, USA, Japonsku, Korejské republice a Čínské lidové republice). Patentová aktivita v Evropě se výrazně nemění (tj. u EPO a u Německého patentového a známkového úřadu, DPMA - <http://www.dpma.de/>). Počet patentových přihlášek zaměřených na lasery, které byly podány u Patentového a známkového úřadu v USA (USPTO - <http://www.uspto.gov/>), má od roku 2005 mírně klesající tendenci. Od roku 2001 soustavně klesá i počet takto zaměřených přihlášek podaných u Japonského patentového úřadu.

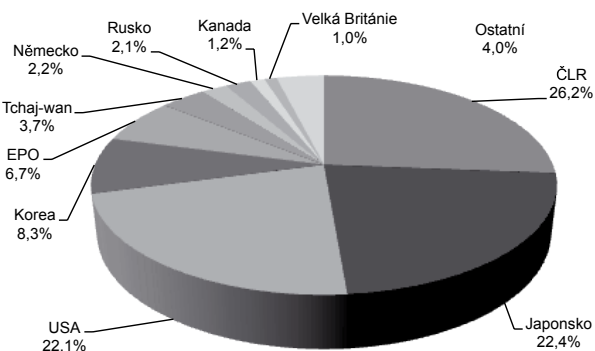
Jedinými významnými zeměmi, kde patentová aktivita zaměřená na lasery roste, jsou tak Jižní Korea a ČLR. U Korejského úřadu pro duševní vlastnictví (KIPO - <http://www.kipo.go.kr/>) není sice nárůst příliš vysoký, avšak u Čínského patentového a známkového úřadu (<http://www.chinatradeoffice.com/>) se počet takto zaměřených patentových přihlášek mezi roky 2002 a 2012 zvýšil téměř dvacetkrát (!). Jak je také patrné z grafu 2, počínaje rokem 2010 je nejvíce patentových přihlášek podáváno v ČLR.

V celkovém součtu za léta 2008 až 2012 tak bylo v souvislosti s výše popsaným vývojem nejvíce přihlášek v oboru laserových technologií



**Graf 2 – Počet patentových přihlášek obsahujících slovo „laser“ v názvu nebo abstraktu podaných v letech 2000 až 2012 u vybraných patentových úřadů.** Šedou plochou je znázorněn celkový počet patentových přihlášek týkajících se laserů.

**Zdroj dat:** Patentová databáze PATSTAT (EPO Worldwide Patent Statistical Database) z listopadu 2014



**Graf 3 - Rozdělení počtu patentových přihlášek podaných v letech 2008 až 2012 u vybraných patentových úřadů**

**Zdroj dat:** Patentová databáze PATSTAT (EPO Worldwide Patent Statistical Database) z listopadu 2014

podáno u Čínského patentového a známkového úřadu, který se na celkovém počtu patentových přihlášek v této technologické oblasti podílel více než jednou čtvrtinou (viz **graf 3**). I přes patrný pokles patentové aktivity zůstávají na předních místech stále USA a Japonsko, u jejichž patentových úřadů je podáváno více než 20 % z celkového počtu patentových přihlášek zaměřených na lasery.

V ostatních zemích se již podává méně patentových přihlášek řešících problematiku laserů. EPO se na celkovém počtu patentových přihlášek zaměřených na tuto technologickou oblast podaných v letech 2008 až 2012 podílí necelými 7 %.

Vzhledem k současnému vývoji patentové aktivity bude ČLR, jak naznačuje **graf 2**, dominovat v této technologické oblasti stále více. ČLR se tak v oblasti laserů a laserových technologií stává stále významnějším hráčem, kterému je nutné při vývoji nových laserových technologií a ochraně duševního vlastnictví věnovat pozornost.

## PATENTOVÁ AKTIVITA VE VYBRANÝCH LASEROVÝCH TECHNOLOGIÍCH

Většina produktů a technologií, které jsou blíže popsány dále, představuje perspektivní oblasti, ve kterých jsou uplatněny nové poznatky VaV. O tom svědčí **graf 4**, znázorňující vývoj patentové aktivity od roku 2000 do roku 2012 pro vybrané čtyři technologie, které bude svým zákazníkům nabízet výzkumné centrum HiLASE.

Ve všech vybraných technologiích má patentová aktivita vzestupnou tendenci. Počet patentových přihlášek navíc roste značně rychleji, než je tomu v případě celkového počtu patentových přihlášek, což ukazuje, že v těchto technologických oblastech je značný potenciál pro uplatnění nových poznatků VaV. Výrazně rychle roste zejména počet patentových přihlášek, které se týkají zdrojů pro extrémní ultrafialovou oblast. Počet přihlášek z této technologické oblasti, které se odkazují na litografii, však od roku 2000 stagnuje, a zřejmě se tedy jedná o jiné využití těchto zdrojů. Významně také roste také počet patentových přihlášek



**Graf 4 - Počet patentových přihlášek ve vybraných technologiích, které bude nabízet výzkumné centrum HiLASE, v letech 2000 až 2012.**

Na svislé ose je vždy uveden počet patentových přihlášek vztažený k roku 2000 v jednotlivých částech grafu: a) - EUV zdroje (plná čára), EUV zdroje pro polovodičovou litografii (čárkovaná linka), b) – vláknové lasery s vysokým výkonem, c) - zdroje pro střední infračervenou oblast spektra, d) – regenerativní zesilovače. Šedou plochou je znázorněn celkový počet patentových přihlášek vztažený k roku 2000.

**Zdroj dat:** Patentová databáze PATSTAT (EPO Worldwide Patent Statistical Database) z listopadu 2014

týkajících se vláknových laserů a laserových zdrojů pro střední infračervenou oblast spektra.

V patentové analýze zpracované ve veřejné zakázce pro FZÚ [1] byli také identifikováni nejvýznamnější přihlašovatelé patentů v jednotlivých technologických oblastech. Někteří z těchto přihlašovatelů, kteří byli osloveni během průzkumu, projevíli o spolupráci s výzkumným centrem HiLASE zájem.

#### MEZINÁRODNÍ SPOLUPRÁCE V LASEROVÝCH TECHNOLOGIÍCH V PROJEKTECH 7. RP

Zapojení jednotlivých zemí do projektů 7. RP [4] zaměřených na problematiku laserů velmi dobře ukazuje intenzitu mezinárodní spolupráce v této oblasti. Nadto lze identifikovat nejvýznamnější účastníky těchto projektů, kteří mohou být partneři výzkumného centra HiLASE v mezinárodních VaV projektech v budoucnosti. K analýze byla použita data z databáze E-Corda, ve které jsou uvedeny údaje o účasti v 7. RP a v rámcovém programu EURATOM.

Podobně jako při analýze patentových přihlášek byly v databázi E-Corda nejprve vyhledány všechny projekty, v jejichž názvu nebo abstraktu se vyskytovalo slovo laser. Poté byla provedena detailnější analýza těchto projektů, ze které byly získány požadované údaje. Podobně jako v případě patentové analýzy, i zde mohou být do výběru zařazeny projekty, které sice obsahují slovo laser, ale jejich zaměření a cíle jsou poněkud odlišné (tj. mohou se týkat problematiky laserů pouze okrajově). V následující kapitole jsou nejprve uvedeny základní informace o účasti v mezinárodních projektech VaV týkajících se laserů, v další kapitole je potom podán

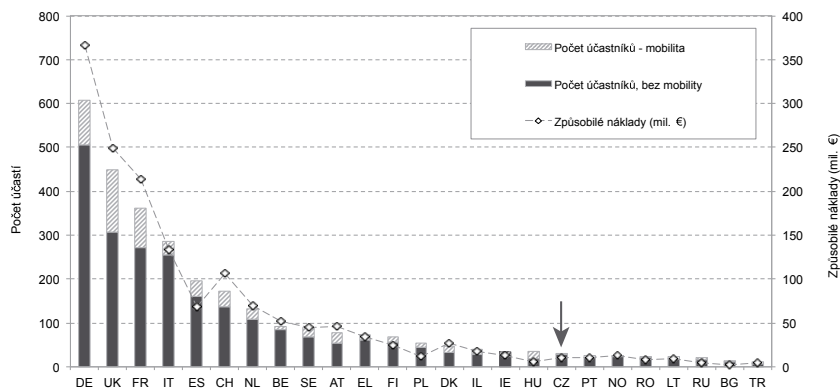
přehled nejvýznamnějších účastníků v těchto projektech. Závěrem je s využitím analýzy sociálních sítí posouzena spolupráce v těchto projektech.

V řešení projektů zaměřených na lasery bylo zapojeno celkem 3 075 účastníků přibližně z 50 zemí. Nejaktivnější jsou výzkumné týmy z Německa a Velké Británie (viz **graf 5**). Z Německa bylo zapojeno více než 600 týmů do řešení 300 projektů (jedná se přibližně o 20 % z celkového počtu projektů), z Velké Británie se projektů účastnilo přibližně 450 týmů, které byly zapojeny asi ve 280 projektech. Mezi země, které se aktivně zapojují do takto zaměřených projektů, patří také Francie (361 účastí), Itálie (286 účastí), Španělsko (196 účastí) a Švýcarsko (172 účastí). ČR se účastnila celkem 25 projektů, do jejichž řešení bylo zapojeno 31 týmů.

V databázi E-Corda je registrováno celkem 765 projektů podpořených v 7. RP, v jejichž názvu nebo abstraktu se vyskytuje slovo „laser“. Nejvíce registrovaných projektů je ve specifickém programu Lidé, jehož účelem bylo podpořit mobilitu výzkumných pracovníků: zde najdeme celkem 320 projektů, viz **graf 6**. Téměř 200 projektů bylo financováno prostřednictvím grantů Evropské výzkumné rady (European Research Council, ERC) [5] podporující špičkový základní výzkum, který má posunout současné hranice poznání, a jediným kritériem výběru projektů je vědecká excellence návrhu projektu a jeho řešitele.

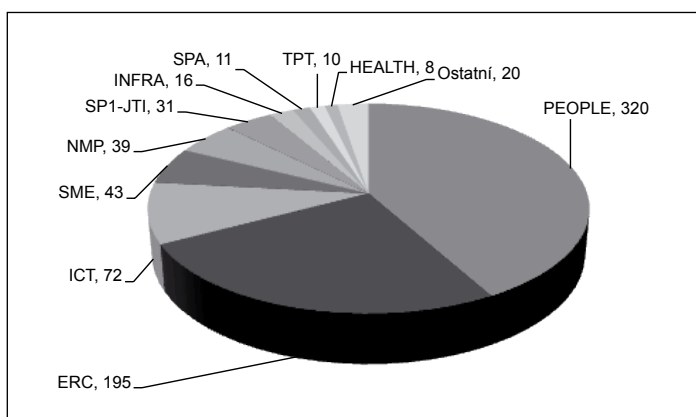
Poměrně vysoký počet podpořených projektů je ve specifickém programu Spolupráce, a to zejména v jeho tematických prioritách Informační a komunikační technologie (ICT) a Nanovědy, nanotechnologie, materiály a nové výrobní technologie (NMP). Jednalo se vesměs o projekty, které řešila rozsáhlá mezinárodní konsorcia. O projekty týkající se laserů měly velký zájem i malé a střední podniky: v prioritě Výzkum pro malé a střední podniky (SME) šlo o 43 projektů. Více než 30 projektů získalo podporu v rámci tzv. Společných technologických iniciativ (JTI) [6]. Celkem 16 projektů bylo orientováno na rozvoj výzkumné infrastruktury (INFRA). V ostatních prioritách a aktivitách 7. RP je projektů týkajících se laserů již méně.

Do projektů se podle očekávání často zapojují instituce terciárního vzdělávání a výzkumné ústavy. Jak je patrné z **grafu 7**, z institucí



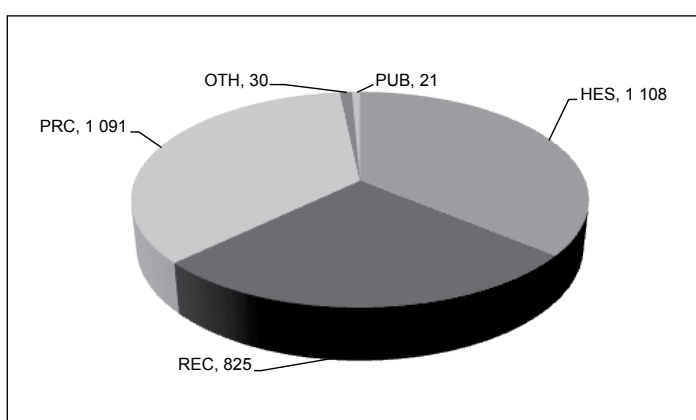
**Graf 5 – Počty účastníků v projektech týkajících se laserů v jednotlivých zemích a celkové způsobilé náklady těchto projektů.** V grafu jsou zahrnuty pouze země, ve kterých celkový počet účastníků přesáhl deset.

**Zdroj dat:** databáze E-Corda



**Graf 6 – Počty projektů podpořených v jednotlivých specifických programech 7. RP, příp. v jejich tematických prioritách.**

**Zdroj dat:** databáze E-Corda



**Graf 7 – Počty účastníků v projektech týkajících se laserů podle sektorů působnosti (HES – instituce terciárního vzdělávání, REC – výzkumné ústavy, PRC - soukromé obchodní organizace, PUB - veřejné instituce, OTH - ostatní).**

**Zdroj dat:** databáze E-Corda

terciárního vzdělávání pocházelo přibližně 1 100 účastníků, kteří se podíleli na řešení téměř 600 projektů. Přibližně do 400 projektů byly zapojeny výzkumné ústavy, které měly více než 800 účastí. Na řešení 259 projektů se podílela celkem velká konsorcia s nezanedbatelnou účastí průmyslu, v průměrném konsorciu byly přibližně čtyři průmyslové podniky.

### NEJVÝZNAMNĚJŠÍ ÚČASTNÍCI PROJEKTŮ TÝKAJÍCÍCH SE LASERŮ

Jak je patrné z **tabulky 1**, nejčastějším účastníkem takto zaměřených projektů je francouzské centrum CNRS, z něhož se účastní 75 týmů. Druhým nejčastějším účastníkem je německá Fraunhoferova společnost s téměř 60 účastmi. Častým účastníkem je také italské CNR a německá Společnost Maxe Plancka. Nejvyšší celkové investice (náklady) do projektů měly CNRS a Fraunhoferova společnost.

Z podnikového sektoru je nejčastějším účastníkem projektů švýcarská společnost JDSU Ultrafast Lasers AG, která byla zapojena do řešení osmi projektů. Ve více než pěti projektech byly zapojeny také společnosti Precitec GmbH & Co. KG (Německo), Thales SA (Francie), M-Squared Lasers Limited (Velká Británie) a Airbus Defence and Space GmbH (Německo). Dvě z výše uvedených firem projevil v průzkumu provedeném mezi zástupci aplikační sféry zájem o navázání spolupráce s výzkumným centrem HiLASE.

Instituce	Sektor	Země	Počet účastí
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE	REC	FR	75
FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FOERDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V	REC	DE	59
CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE	REC	IT	44
MAX PLANCK GESELLSCHAFT ZUR FOERDERUNG DER WISSENSCHAFTEN E.V.	REC	DE	41
COMMISSARIAT A L ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES	REC	FR	31
TWI LIMITED	REC	UK	25
ECOLE POLYTECHNIQUE FEDERALE DE LAUSANNE	HES	CH	21
IMPERIAL COLLEGE OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND MEDICINE	HES	UK	20
EIDGENOESSISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE ZUERICH	HES	CH	20
LUNDS UNIVERSITET	HES	SE	20
THE CHANCELLOR, MASTERS AND SCHOLARS OF THE UNIVERSITY OF CAMBRIDGE	HES	UK	19
FOUNDATION FOR RESEARCH AND TECHNOLOGY HELLAS	REC	EL	19
UNIVERSITY OF SOUTHAMPTON	HES	UK	18
III V LAB	REC	FR	17
TECHNISCHE UNIVERSITAET WIEN	HES	AT	17
THE CHANCELLOR, MASTERS AND SCHOLARS OF THE UNIVERSITY OF OXFORD	HES	UK	16
TECHNISCHE UNIVERSITEIT EINDHOVEN	HES	NL	15
UNIVERSITY COLLEGE LONDON	HES	UK	15
DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITET	HES	DK	15

**Tabulka 1 - Přehled nejčastějších účastníků projektů týkajících se laserů ze sektoru terciárního vzdělávání a výzkumných ústavů.**

V tabulce jsou zařazeny pouze instituce, které měly v projektech patnáct a více účastí. REC označuje výzkumné instituce, HES pak univerzity

**Zdroj dat:** databáze E-Corda

Z ČR bylo v řešení 24 projektů zapojeno celkem 31 výzkumných týmů. Nejčastějším účastníkem byl FZÚ. Více než jednu účast mělo také ČVUT v Praze a společnost Neovision, s. r. o., (viz **tabulku 3**).

O úspěchu centra HiLASE rozhodne velkou měrou to, jak se zapojí do mezinárodní spolupráce. S využitím analýzy sociálních sítí (Social Network Analysis) [7], která na základě topografie vazeb umožňuje identifikovat rozličné formy spolupráce a zapojení do projektů, lze popsat strukturu institucí zapojených do projektů řešících problematiku laserů. Analýza například ukazuje, že se některé instituce společně účastní více projektů, tedy „vytvářejí komunity“, a jejich slabší vazby na ostatní subjekty do jisté míry vyjadřují uzavřenost takové komunity.



Instituce	Sektor	Země	Počet účastí
JDSU ULTRAFAS LASERS AG	PRC	CH	8
PRECITEC GMBH & CO KG	PRC	DE	7
THALES SA	PRC	FR	7
M-SQUARED LASERS LIMITED	PRC	UK	7
AIRBUS DEFENCE AND SPACE GMBH	PRC	DE	7
BCT STEUERUNGS UND DV-SYSTEME GMBH	PRC	DE	5
NKT PHOTONICS A/S	PRC	DK	5
MODULIGHT OY	PRC	FI	5
MENLO SYSTEMS GMBH	PRC	DE	5
AMPLITUDE SYSTEMES SA	PRC	FR	5
FEMTOLASERS PRODUKTIONS GMBH	PRC	AT	5
NORSK ELEKTRO OPTIKK AS	PRC	NO	5

**Tabulka 2 – Přehled nejčastějších účastníků projektů týkajících se laserů – soukromé obchodní organizace (podniky, v E-Cordě vedené pod zkratkou PRC, Private Companies).** V tabulce jsou zařazeny pouze subjekty, které měly v projektech 5 a více účastí.

**Zdroj dat:** databáze E-Corda

Naproti tomu existují také instituce, které v projektech spolupracují s celou řadou subjektů z různých sektorů (tj. s vysokými školami, výzkumnými ústavy i podniky). Tyto instituce tak vytvářejí „most“ mezi institucemi, které spolupracují převážně uvnitř jisté komunity, a pro „nově se objevivší pracoviště v Evropském výzkumném prostoru“, jakým HiLASE je, mohou tak být vhodnými partnery pro navázání spolupráce s dalšími subjekty. Příkladem instituce tohoto typu je Fraunhoferova společnost.

## ZÁVĚR

Rozbor počtu publikací i patentových přihlášek od vývoje prvního funkčního laseru v roce 1960 zřetelně a setrvale roste. Podle očekávání rostl nejdříve počet publikací, které se problematikou laserů zabývaly. Od sedmdesátých let se pak zvyšovala i patentová aktivita, což souvisí s objevy nových laserů a jejich aplikací.

Klíčovými regiony, kde vzniká významná část patentových přihlášek řešících problematiku laserů, jsou zejména východoasijské země, jako jsou ČLR a Japonsko. Vysoká patentová aktivita je také v USA a v nižší míře i v Jižní Koreji. Z Evropy se jedná zejména o Německo, Rusko, Velkou Británii a Francii.

Patentová analýza také prokázala, že většina technologií a produktů, které svým zákazníkům nabízí nebo v blízké budoucnosti bude nabízet výzkumné centrum HiLASE, má značný potenciál pro uplatnění nových poznatků VaV. Dynamika nárůstu patentových přihlášek také svědčí o tom, že u všech poznatků, které mají potenciál pro uplatnění v aplikacích, je nutné včas zajistit vhodnou průmyslově-právní ochranu.

V analýze patentových přihlášek nebyl nalezen žádný subjekt z ČR, který by byl přihlašovatelem patentu ve sledovaných technologických oblastech. Před centrem HiLASE tedy stojí velká výzva vyprofilovat se jako pracoviště, které nejen bude tvůrcem nových znalostí v unikátních laserových technologiích, ale i jejich využívání v aplikacích.

Instituce	Sektor	Země	Počet účastí
FYZIKÁLNÍ ÚSTAV AV ČR, v. v. i.	REC	CZ	6
NEOVISION, s. r. o.	PRC	CZ	2
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE	HES	CZ	2
CEITEC Cluster-bioinformatics, z. s. p. o.	OTH	CZ	1
CENTRUM VÝZKUMU GLOBÁLNÍ ZMĚNY AV ČR, v. v. i.	REC	CZ	1
DOOSAN ŠKODA POWER, s. r. o.	PRC	CZ	1
FOTON, s. r. o.	PRC	CZ	1
IBSmm Engineering, spol. s r. o.	PRC	CZ	1
IFER - MONITORING AND MAPPING SOLUTIONS, s. r. o.	PRC	CZ	1
JIC, ZÁJMŮVÉ SDRUŽENÍ PRÁVNICKÝCH OSOB	OTH	CZ	1
LASER-TECH, spol. s r. o.	PRC	CZ	1
Masarykova univerzita	HES	CZ	1
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY	PUB	CZ	1
ŠKODA AUTO	PRC	CZ	1
SOLARTEC, s. r. o.	PRC	CZ	1
STROJÍRNA TYČ, s. r. o.	PRC	CZ	1
UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE	HES	CZ	1
UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI	HES	CZ	1
ÚSTAV FYZIKÁLNÍ CHEMIE J. HEYROVSKÉHO AV ČR, v. v. i.	REC	CZ	1
VATRANS ZLÍN, v. o. s.	PRC	CZ	1
ARGOTECH, a. s.	PRC	CZ	1
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ	HES	CZ	1
BBT-MATERIALS PROCESSING, s. r. o.	PRC	CZ	1
BERNEX BIMETALLIC, s. r. o.	PRC	CZ	1

**Tabulka 3 - Přehled subjektů z ČR, které byly zapojeny v řešení projektů týkajících se laserů.**

**Zdroj dat:** databáze E-Corda

Řešení náročného výzkumu v oblasti laserových technologií často vyžaduje mezinárodní spolupráci, o čemž svědčí poměrně vysoký počet projektů 7. RP, které se týkaly této problematiky. Nejvíce projektů zaměřených na lasery bylo podpořeno v programu Lidé (více než 300 projektů) a v projektech Evropské výzkumné rady (téměř 200 projektů). Z tematických priorit byl největší počet takto projektů v prioritách ICT a NMP. Řada projektů týkajících se laserů byla podpořena i v prioritě SME, což svědčí o tom, že o nové poznatky je i značný zájem ze strany aplikačního sektoru.

V mezinárodní spolupráci hrají ovšem největší roli instituce ze čtyř největších států EU. Výzkumné týmy z Německa se zapojily do řešení přibližně 20 % z celkového počtu projektů řešících problematiku laserů. Vysokou účast v těchto projektech mají také Velká Británie, Francie a Itálie. Z analýzy také vyplývá, že klíčovou roli v těchto projektech hraje několik výzkumných institucí, jako Centre national de la recherche scientifique (CNRS) ve Francii, Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. (FhG) v Mnichově,

Consiglio Nazionale delle Ricerche (Itálie), Max Planck Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e. V. v Mnichově, Commissariat l'énergie atomique et aux énergies alternatives (Francie).

Každá z výše uvedených institucí byla zapojena ve více než 30 projektech. Některé z nich, zejména německá Fraunhoferova společnost, spolupracují se širokým spektrem subjektů a mohou být i vhodným partnerem při rozvoji mezinárodní výzkumné spolupráce v této problematice a navázání kontaktů s dalšími subjekty.

#### Odkazy na zdroje informací

- [1] Studie „Uživatelský potenciál výzkumného centra HiLASE“ zpracovaná Technologickým centrem AV ČR v roce 2015.
- [2] EPO Worldwide Patent Statistical Database – November 2014. European Patent Office (<http://www.epo.org/searching/subscription/patstat-online.html>)

- [3] Smlouva o patentové spolupráci, Patent Cooperation Treaty (<http://www.wipo.int/pct/en/>)
- [4] 7. rámcový program výzkumu a technologického rozvoje (<http://www.fp7.cz/cs>)
- [5] Evropská výzkumná rada (ERC, European Research Council). <http://www.evropskyvyzkum.cz/cs/nastroje-spoluprace/iniciativy-ek/erc>
- [6] Společné technologické iniciativy (Joint Technological Initiatives, JTIs). <http://www.evropskyvyzkum.cz/cs/nastroje-spoluprace/iniciativy-ek/jti>
- [7] Analýza sociálních sítí (například [http://en.wikipedia.org/wiki/Social\\_network\\_analysis](http://en.wikipedia.org/wiki/Social_network_analysis))

ZDENĚK KUČERA, DANIEL FRANK, JIŘÍ JANOŠEC,  
TECHNOLOGICKÉ CENTRUM AV ČR,  
KUČERA,TC.CZ, FRANK,TC.CZ, JANOŠEC,TC.CZ

## Výzkumné centrum HiLASE

Jedním z projektů regionálních center VaV je i projekt Fyzikálního ústavu AV ČR, v. v. i., (dále jen FZÚ) **HiLASE: Nové lasery pro průmysl a výzkum** [1]. FZÚ v souvislosti se zajištěním udržitelnosti výzkumného centra HiLASE vyhlásil ve druhé polovině roku 2014 veřejnou zakázku, jejímž cílem bylo posoudit uživatelský potenciál výzkumného centra HiLASE a navrhnout doporučení, která umožní posílit aplikační potenciál centra do budoucnosti [2]. Zpracovatelem této veřejné zakázky bylo Technologické centrum AV ČR.

Součástí veřejné zakázky byla SWOT analýza komerčního potenciálu výzkumného centra HiLASE a identifikovány produkty, technologie a služby, které by výzkumné centrum mohlo nabízet pro aplikační sféru. Dále byl vyhodnocen zájem aplikační sféry o tyto produkty, technologie a služby a navržena některá doporučení pro výzkumné centrum HiLASE směřující k posílení jeho aplikačního potenciálu.

Cílem tohoto sdělení je podat základní informace o výzkumném centru HiLASE, jeho hlavních cílech a zaměření VaV a představit tak širší odborné veřejnosti produkty, technologie a služby, které bude výzkumné centrum HiLASE v blízké budoucnosti nabízet zákazníkům z podnikového sektoru i výzkumné sféry v ČR a v zahraničí. Kromě informací poskytnutých výzkumným centrem HiLASE jsou k tomuto účelu využity také některé výsledky studií zpracovaných v rámci výše uvedené veřejné zakázky.

V následující kapitole je nejprve stručně představen projekt výzkumného centra HiLASE. V další části jsou blíže popsány produkty, technologie a služby, které bude výzkumné centrum nabízet svým zákazníkům, a závěry průzkumu provedeného mezi zástupci aplikační sféry.

#### PROJEKT VÝZKUMNÉHO CENTRA HiLASE

Hlavním cílem projektu HiLASE je vyvinout laserové technologie s průlomovými technickými parametry. Výzkum je specificky zaměřen na lasery s vysokým výkonem a vysokou opakovací frekvencí, které jsou založené na diodovém čerpání (*Diode Pumped Solid State Laser*

Název projektu:	HiLASE: Nové lasery pro průmysl a výzkum
Žadatel:	Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i.
Celkové náklady:	851,4 mil. Kč
Dotace:	800,0 mil. Kč
Místo realizace:	Dolní Břežany (Středočeský kraj)
Období realizace:	2011–2015
Poskytovatel podpory:	Evropská komise / MŠMT
Dotiční titul:	OP VaVpl, výzva 1.2, prioritní osa 2
Datum poskytnutí podpory:	29. 8. 2011
Plné zprovoznění centra:	2016
Plánovaný počet výzkumných pracovníků (2015):	37

#### Tabulka – Základní parametry projektu HiLASE

**Zdroj dat:** <http://www.hilase.cz/o-projektu/> a Technický popis projektu HiLASE

*systems, DPSSLs*), a jejich aplikace. Předpokládá se, že vyvíjené laserové systémy a aplikace najdou využití v průmyslu, výzkumných laboratořích i v budoucích evropských zařízeních velkého rozsahu (včetně výzkumného centra ELI Beamlines [3], které je jako součást výzkumné infrastruktury EU zahrnuto v ESFRI Roadmap [4]), která budou součástí Evropského výzkumného prostoru (European Research Area, ERA).

Projekt byl připravován od roku 2008. V roce 2009 byl podán do výzvy 1.2 v OP VaVpl v jeho Prioritní ose II „Regionální VaV centra“ a k jeho schválení došlo v roce 2011. Podpora byla poskytnuta koncem srpna roku 2009 podle obvyklých pravidel pro strukturální fondy. Celková dotace tak dosáhla téměř 800 mil. Kč, z toho 85 %, tj. přibližně 680 mil. Kč, bylo poskytnuto z Evropského fondu regionálního rozvoje (ERDF), zbývajících 15 % celkové dotace pak poskytl státní rozpočet.

Výstavba centra v Dolních Břežanech byla zahájena v roce 2012, hrubá stavba byla dokončena v roce 2013, kolaudace proběhla na jaře 2014.

Ve výzkumném centru HiLASE jsou realizovány tři výzkumné programy. Nejvýznamnější součástí vybavení výzkumného centra HiLASE, systém čtyř laserů, které po dokončení vývoje budou svými parametry unikátní nejen v ČR, ale i ve světovém měřítku, je zařazena do prvních dvou výzkumných programů.

Ve Výzkumném programu 1 (VP-1) **Vývoj multi-J laserového systému kW třídy čerpaného diodami pro průmyslové a vědecké aplikace** jsou vyvíjeny tři nezávislé laserové systémy s odlišnými výstupními parametry (označované jako Beamline A, Beamline B a Beamline C). Vývoj laseru Beamline A je realizován formou subkontraktu firmou Dausinger&Giesen ze Stuttgartu. Po dodání a zprovoznění v polovině roku 2015 by tento laser měl poskytovat pulzy s energií 750 mJ při opakovací frekvenci 1,7 kHz.

Vývoj laserů Beamline B (L1B) a Beamline C (L1C) je realizován ve výzkumném centru HiLASE, ukončení vývoje se předpokládá do poloviny roku 2015. Výkon obou laserů bude dosahovat 0,5 kW, laser L1B bude dodávat pulzy s energií 0,5 J a opakovací frekvencí 1 kHz, laser L1C pulzy o energii 5 mJ s opakovací frekvencí 100 kHz (viz **graf 1**). V obou případech se jedná o parametry, které výrazně překračují hodnoty dosahované ve světě. Pro externí uživatele by lasery měly být k dispozici od ledna 2016. V programu VP-1 jsou také vyvíjeny lasery, které budou využívány ve specifických aplikacích, jako jsou například zdroje záření v extrémní ultrafialové oblasti spektra využitelné v litografii nebo v rentgenových zdrojích pro mikroskopii (viz dále).

Nejvýznamnější součástí Výzkumného programu 2 (VP-2) **Vývoj laserového systému v oblasti 100 J s opakovací frekvencí 10 Hz rozšířitelného na úroveň kJ** je vysokoenergetický laserový systém „multislab“ s průměrným výkonem 1 kW. Laserový systém, který je pro tento výzkumný program vyvíjen v britské Science and Technology Facilities Council, Rutherford Appleton Laboratory (STFC/RAL) [5], bude dodán v létě 2015. Laser bude po svém dokončení využíván například pro měření prahu poškození optických materiálů laserovým zářením (LIDT), zpevňování povrchu rázovou vlnou vyvolanou laserem (LSP) a v některých dalších aplikacích (popisy těchto postupů jsou uvedeny dále).

Kromě vysoké energie v pulsu budou výhodou tohoto laseru i velké rozměry optického svazku. V průběhu následujících let bude vybavení VP-2 doplněno o nízkoenergetický oscilátor s nanosekundovými (ns) pulsy, který bude využíván i pro aplikace. Ve VP-2 se také vyvíjí některé lasery a laserové komponenty, které budou nabízeny zájemcům z aplikačního sektoru.

Schéma laserů, kterými bude výzkumné centrum HiLASE disponovat, je uvedeno grafem 1. Zatímco laserové systémy L1A a L2 vyvíjené na zakázku u zahraničních dodavatelů budou používány dominantně jako zdroje fotonů pro uživatele aplikačních stanic LIDT a LSP, tak lasery L1B a L1C vyvíjené výlučně vlastními silami týmu HiLASE budou tvořit technologický základ pro budoucí zakázkový vývoj laserových prototypů.

Na průmyslové aplikace laserů a spolupráci s aplikačním sektorem je zaměřen Výzkumný program 3 (VP-3) **Vývoj klíčových technologií vysokorepeticčních zesilovačů ve spolupráci s průmyslem**. Vzhledem k tomu, že lasery, které by měly být využívány pro komerční zakázky, zatím nejsou k dispozici, jsou pro tyto účely využívány zapůjčené

lasery - vláknový laser poskytující pulsy s délkou v řádu nanosekund zapůjčený společností Omron se středním výkonem 20 W a laser pracující v zelené oblasti spektra určený především pro popisování, který byl poskytnut společností Trupmf. Tyto lasery jsou umístěny ve společném pracovišti označovaném jako „laser-job-shop“, které se bude v budoucnosti dále rozšiřovat.

Ve VP-3 se také vyvíjí většina technologií uvedených v následující kapitole a buduje se příslušné vybavení, jako jsou například stanice ke zpevňování povrchu materiálů rázovou vlnou, měření prahu poškození materiálu laserem, laserovému mikroobrábění, opracování povrchu apod. V rámci VP-3 jsou zajišťována i školení.

Většina aplikačně zaměřených projektů a zakázek pro externí zákazníky bude realizována v oddělené experimentální hale. Do této haly jsou již umístěny všechny zapůjčené lasery, které jsou již využívány ke komerčním zakázkám (laser-job-shop), a další vybavení pro realizaci zakázek, jako je robotická ruka umožňující automatickou manipulaci s optickým svazkem, měřicí technika apod.

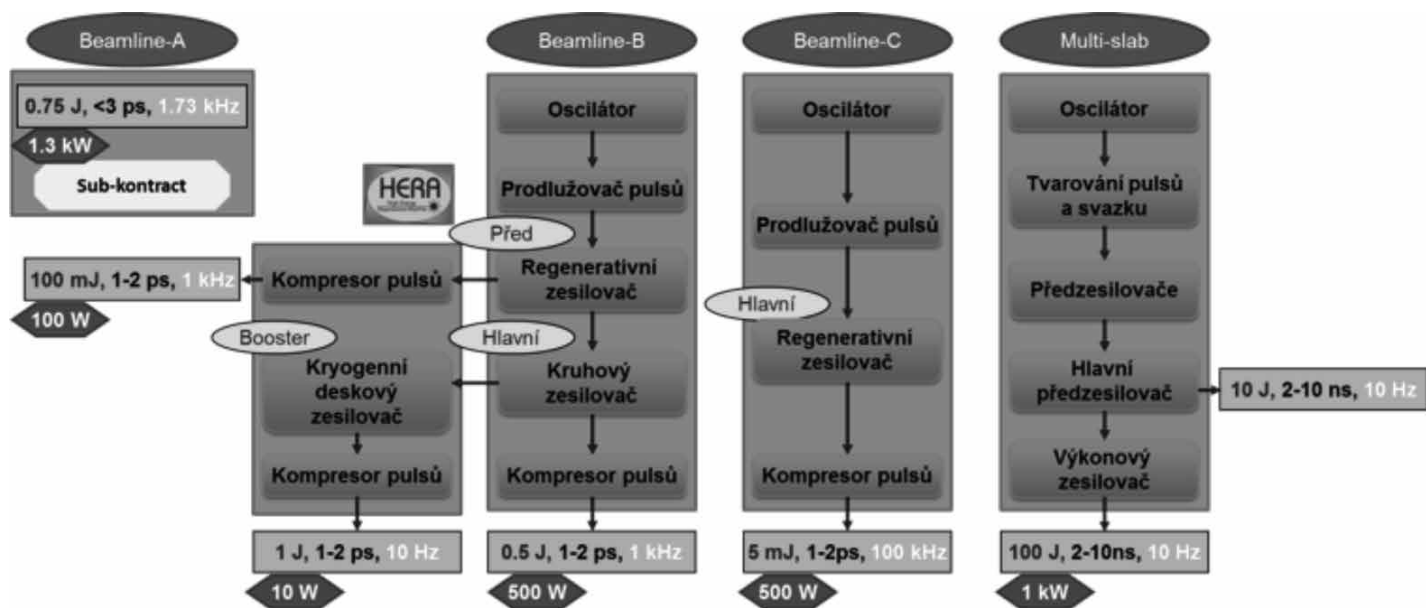
Po zprovoznění laserů budou k zakázkám s aplikačním sektorem využívány i laserové systémy ve VP-1 a VP-2. Všechny lasery budou do této experimentální haly zavedeny speciálním optickým systémem pro distribuci svazku, který bude umožňovat „přepínání“ laserů pro jednotlivé aplikace a jejich optimální využívání pro realizaci zakázek s aplikačním sektorem i výzkumnou činností.

Výzkumné centrum HiLASE také disponuje (nebo bude disponovat) kvalitním univerzálně využitelným experimentálním vybavením, diagnostickou technikou a dalšími přístroji, které budou využívány i pro aplikačně zaměřené experimenty a komercializaci výsledků VaV. Součástí centra je i mechanická dílna.

Z vypracované SWOT analýzy [2] vyplývá, že mezi silné stránky výzkumného centra HiLASE patří experimentální vybavení (infrastruktura), a to především modulární systém výkonných laserů, jejichž parametry budou ve světovém měřítku unikátní. Předností je také personální obsazení, kde na jednom pracovišti působí přední odborníci se zahraničními zkušenostmi pokrývající široké spektrum odborností (teoretická fyzika a modelování, materiálový výzkum, laserová fyzika a konstrukce laserů, aplikace laserů, konstrukční práce apod.).

Silnou stránkou výzkumného centra HiLASE jsou i jeho vazby na FZÚ, což umožňuje realizovat návazné zakázky, například zpracování výsledků provedených experimentů, realizace dalšího VaV (například materiálově zaměřeného výzkumu) apod. Přínosné jsou i vytvořené vazby na výzkumná pracoviště v zahraničí, což umožňuje centru HiLASE realizovat náročný VaV v mezinárodní spolupráci, i vazby na podniky a další subjekty z aplikačního sektoru, se kterými byla již realizována řada komerčních zakázek. K rozvoji aktivit výzkumného centra HiLASE přispěje i Evropské centrum Excellence ELI Beamlines [3], které se v současné době dokončuje v těsné blízkosti centra HiLASE.

Dosud není vybavení HiLASE ještě kompletní, takže nelze nabízet celé plánované spektrum technologií a služeb, jež jsou specifikovány dále. Výzkumní pracovníci HiLASE jsou také v současnosti značně vytížení dokončováním vývoje a zprovozněním laserových systémů, a jejich kapacita k realizaci komerčních zakázek je poněkud omezena. Obtíže této „rozjezdové periody“ jistě brzy ustoupí. V budoucnosti se však může negativně projevit nedostatek potřebných odborníků potřebných k realizaci některých náročných aplikací,



Graf 1 - Schéma laserových systémů výzkumného centra HiLASE.

Zdroj dat: podklady HiLASE

jako jsou například pracovníci pro obsluhu náročných technologických zařízení, technici a výzkumní pracovníci některých odborností. Pokud se bude rozvíjet spolupráce s aplikačním sektorem podle předpokladů, bude nedostatečná i kapacita Centra pro inovace a transfer technologií (CITT) [6].

#### ZAPOJENÍ VÝZKUMNÉHO CENTRA HILASE DO MEZINÁRODNÍHO VaV

Jak vyplývá z předcházího příspěvku v tomto čísle časopisu Echo, nejčastějším účastníkem projektů zaměřených na lasery v 7. RP byl FZÚ. Také výzkumné centrum HiLASE se již poměrně intenzivně zapojuje do mezinárodní výzkumné spolupráce. Nejvýznamnějším projektem výzkumného centra HiLASE (příp. FZÚ), který v nedávné době získal podporu z rámcového programu Horizont 2020 [7], je projekt **HiLASE - Centre of Excellence** (viz <http://www.hilase.cz/hilase-o-krok-blize-k-centru-excelence/>), podaný ve výzvě WIDESPREAD-2014-1 TEAMING. Tyto projekty jsou dvoufázové, v první fázi poskytují podporu pro vypracování podnikatelského plánu pro danou infrastrukturu. Pokud tento plán získal podporu v první fázi, může žadatel ve druhé fázi obdržet od Evropské komise velmi významnou podporu na jeho realizaci.

Cílem projektu, ve kterém HiLASE spolupracuje s STFC Rutherford Appleton Laboratory ve Velké Británii, je vytvořit centrum excelence, které bude uživatelům nabízet špičkový aplikovaný výzkum světové úrovně, vytvářet znalosti komerčně využitelné v inovacích a poskytovat své služby v širokém spektru oborů. Projekt je zaměřen na tři klíčové oblasti:

- vybudování plně vybaveného experimentálního zařízení včetně komor s terčí, diagnostikou a optickými systémy k rozvedení laserových svazků do experimentálních laboratoří;
- poskytnutí provozních prostředků potřebných k experimentálním programům a provozu, včetně návrhů a plánování experimentů a analýz výsledků;
- upgrade vybavení tak, aby si výzkumné centrum HiLASE zachovalo svou konkurenceschopnost i do budoucna.

Výzkumné centrum zatím uspělo v první fázi projektu, ve které předložilo svou vizi centra a jeho dlouhodobou strategii. V první fázi

bude analyzována návaznost těchto záměrů na Národní výzkumnou a inovační strategii pro inteligentní specializaci České republiky (RIS3) [8] a příslušný podnikatelský plán (Business Plan) bude vypracován s přihlédnutím k výsledkům analýzy. Výsledky projektu dosažené v první fázi sice postoupí automaticky do druhé fáze, ve které projdou náročnou evaluací, a teprve úspěch ve druhé fázi umožní získat podporu (grant) na realizaci podnikatelského plánu. Úspěšní žadatelé ve druhé fázi mohou získat podporu ve výši 1–20 mil. € pro zhruba 5–7leté období. Tým HiLASE si je vědom vysoké náročnosti druhé fáze, neboť EK zatím předpokládá, že v nových členských státech udělí dohromady podporu 5–7 projektům.

Výzkumné centrum HiLASE je v programu Horizont 2020 (H2020) také zapojeno v projektech akcí Marie Skłodowska-Curie, které podporují mezinárodní mobilitu výzkumných pracovníků, a připravuje do programu H2020 další návrhy projektů. Jedním z nich je projekt do aktivity Twinning, zaměřený na propojení výzkumných institucí působících v nových členských státech s excelentními evropskými výzkumnými institucemi. HiLASE také připravuje návrhy projektů do dalších tematických oblastí H2020. Předpokládá se, že do programu Horizont 2020 bude podán projekt HECIL, který byl podán již do 7. RP, avšak nezískal finanční podporu.

Výzkumné centrum HiLASE spolupracuje se zahraničními výzkumnými organizacemi i na individuální bázi. Kromě společného VaV včetně využívání experimentálního zařízení zahraničních pracovišť byly realizovány i některé zakázky pro zahraniční instituce (například výpočet regenerativních zesilovačů).

#### DOSAVADNÍ ZAPOJENÍ VÝZKUMNÉHO CENTRA HILASE DO SPOLUPRÁCE S APLIKAČNÍM SEKTOREM

FZÚ s využitím projektu podpořeného v prioritní ose 3 OP VaVpl (Komericializace výsledků výzkumu organizací a ochrana jejich duševního vlastnictví) vybudoval Centrum pro inovace a transfer technologií (CITT) [6], které zajišťuje činnosti související s realizací zakázek a spoluprací s aplikačním sektorem. CITT tyto činnosti zajišťuje nejen pro výzkumné centrum HiLASE, ale i pro FZÚ a výzkumné centrum ELI Beamlines. V CITT v současné době působí celkem osm pracovníků.

Do procesu komercializace jsou zapojeni i technologičtí skauti, kteří působí na výzkumných pracovištích.

Výzkumné centrum HiLASE do konce roku 2014 realizovalo na základě požadavků průmyslových partnerů několik komerčních zakázek, kdy byly využívány zejména lasery zapůjčené od zahraničních výrobců. Zakázky se většinou týkaly některých technologických procesů využívajících lasery (vrtání malých otvorů, popisování, svařování, opracování apod.), často byly ověřovány a optimalizovány některé méně standardní aplikace laserů.

Zákazníci z podnikového sektoru měli zájem i o výzkumně zaměřené zakázky, např. návrhy laserových komponent, modelování, testování zařízení, řešení technologických problémů firem apod. V řadě zakázek se také jednalo o zpracování rešerší, studií a analýz. Některé podniky na realizaci svých zakázek s výzkumným centrem HiLASE využily inovační vouchery.

Také již proběhly některé školicí aktivity v oblasti laserů (bezpečnost), kterých se účastnili zástupci podniků. Některé zakázky byly realizovány ve spolupráci s FZÚ (materiálový výzkum). Potenciál výzkumného centra HiLASE se plně projeví až po plném uvedení do provozu začátkem roku 2016, kdy bude možné ke spolupráci s aplikačním sektorem využít všechny zprovozněné lasery i další experimentální vybavení.

#### **APLIKAČNÍ POTENCIÁL VÝZKUMNÉHO CENTRA HiLASE**

V následujících kapitolách jsou blíže popsány produkty, technologie a služby, které podle rozhovorů s pracovníky výzkumného centra HiLASE, vyhodnocení rozhovorů s vybranými zástupci aplikační sféry a závěrů zpracovaných analýz mají potenciál pro aplikace. Každý produkt, technologie a služba jsou nejprve stručně charakterizovány, poté jsou specifikováni jejich potenciální uživatelé a posouzeny přednosti výzkumného centra HiLASE oproti stávající konkurenci. V popisu jsou využity vybrané závěry studií zpracovaných uvedenou veřejnou zakázkou FZÚ [2].

#### **Zpevňování povrchu materiálů rázovou vlnou**

V tomto technologickém procesu (*Laser Shock Peening - LSP*, například [9]) je povrch materiálu vytvrzován rázovou vlnou vyvolanou intenzivním pulzním laserovým zářením. Rázová vlna v povrchové vrstvě materiálu vyvolává tlaková zbytková pnutí, která významně zlepšují únavové vlastnosti materiálu, omezují vznik a rozvoj povrchových trhlin a zvyšují tvrdost povrchu (nejedná se tedy o tepelné působení, ale o tvorbu plastických deformací).



Tato metoda může nahradit v současné době používané mechanické metody vytvrzování povrchu, jako je „otryskávání“ malými sférickými částicemi z vysoce kvalitního materiálu (tzv. kuličkování). Největší výhodou LSP oproti mechanickým metodám je zejména možnost ovlivnit povrch do větší hloubky, vyšší přesnost (lokalizace místa na součásti) a flexibilita. Nevýhodou oproti kuličkování je vyšší cena a nižší rychlost opracování. Z tohoto důvodu laserové zpevňování povrchů nachází uplatnění zejména při opracování součástí, které jsou během provozu extrémně namáhány a jejichž funkčnost je kritická pro činnost celého systému. Klíčovými segmenty trhu jsou proto zejména letecký průmysl (například lopatky turbín a leteckých motorů), automobilový průmysl, těžké strojírenství, jaderná zařízení, biomedicína apod. Takové opracování nabízí v současné době pouze několik firem v USA. Nejvýznamnější z nich je společnost Metal Improvement Company (viz <http://www.metalimprovement.com/laserpeening.php>), která opracování nabízí i v Evropě (zejména ve Velké Británii). Firma disponuje i mobilní verzí umístěnou na nákladním automobilu, se kterou je možné provádět opracování přímo u zákazníka. V Evropě žádné další firmy komerčně tato zařízení ani opracování nenabízejí.

V současné době je ve výzkumném centru HiLASE budována stanice pro LSP. Stanice bude disponovat robotickou rukou umožňující automatické opracování vzorků do váhy 300 kg. Pro opracování bude využíván zejména laser vyvíjený v programu VP-2. Předpokládá se, že v blízké budoucnosti bude HiLASE dodávat zákazníkům také zařízení pro LSP vyvinutá podle jejich požadavků. Uvažuje se i o vývoji mobilní verze umístěné na nákladním automobilu.

Největší výhodou HiLASE oproti konkurenci jsou lasery, které budou pro LSP využívány. Jedná se zejména o velké rozměry svazku (75 mm x 75 mm) a opakovací frekvenci asi 10 Hz, což umožní opracovávat větší vzorky za mnohem kratší dobu než na současných zahraničních zařízeních. Výhodou je i vysoká energie v pulsu na úrovni 100 J při vlnové délce asi 1  $\mu\text{m}$  umožňující zdvojením frekvence využít paprsek s vlnovou délkou v zelené oblasti spektra a energií pulsu asi 50 J, což dále zlepší parametry a využití této technologie.

#### **Měření prahu poškození materiálu laserem**

Měření prahu poškození laserem (*Laser Induced Damage Threshold - LIDT*, například [10]) umožňuje definovaným způsobem stanovit odolnost optického materiálu vůči intenzivnímu optickému záření. Měření jsou zpravidla realizována v tzv. režimu „1 on 1“ (jeden pulz na jednom měřeném místě) nebo „n on 1“ (definovaný počet laserových pulsů na jednom měřeném místě). Vzhledem k tomu, že se jedná o poměrně náročná měření vyžadující stanovení řady parametrů



s poměrně vysokou přesností, jsou pro tato měření stanoveny normy (standard ISO 21254).

Měření prahu poškození jsou využívána výrobci optických komponent určených především pro vysoké optické výkony a dodavateli optických materiálů, ze kterých jsou tyto komponenty vyráběny. Měření prahu poškození mohou využít i VaV pracoviště vyvíjející optické materiály, optické prvky, lasery a laserové komponenty.

V současné době existuje v Evropě několik pracovišť, která tato měření nabízejí, jedním z nich je například litevská společnost Lidaris (<http://lidaris.com/>). V ČR zatím měření LIDT komerčně nabízena nejsou (existují pouze laboratorní zařízení).

Ve výzkumném centru HiLASE je v současné době budována stanice, která bude tato měření umožňovat. Stanice bude vybavena komorou pro měření ve vakuu nebo pod atmosférou obsahující zvolené plyny, kvalitní kamerou pro sledování poškození vzorku, robotikou pro posuv měřeným vzorkem a dalším nezbytným vybavením. Měření bude možné provádět v režimu „1 on 1“ a „n on 1“ na vzorcích o rozměrech do 100 cm<sup>2</sup> s hmotností do 1 kg.

Konkurenční výhodou výzkumného centra HiLASE jsou lasery, které spolu s dalším experimentálním vybavením budou umožňovat přesné stanovení prahu poškození v širokém intervalu délek pulsů, energií a vlnových délek. Lze očekávat, že stanice bude zprovozněna v roce 2015, kdy bude možné zahájit testovací měření (komerční realizaci této technologie lze očekávat v roce 2016). V následujících letech by stanice měla projít certifikací podle normy ISO, případně podle dalších mezinárodních norem. Předpokládá se také, že výzkumné centrum HiLASE bude dodávat stanice pro měření prahu poškození podle specifických požadavků zákazníků.

#### **Laserové mikroobrábění**

Do této skupiny jsou zařazeny technologie, jako je řezání, vrtání, obrábění, svařování apod., které pomocí laserů umožňují opracovávat materiály různého charakteru. Zákazníci pro tyto technologie působí ve strojírenství, nástrojářství, výrobě dopravních prostředků, elektronice a elektrotechnice, optice, fotonice, lékařské technice a v dalších odvětvích. Výzkumné centrum HiLASE v současné době disponuje speciálními lasery a zařízeními, které jsou zapůjčeny od renomovaných výrobců a které umožňují realizovat výše uvedené technologické procesy. Do současnosti již výzkumné centrum HiLASE realizovalo řadu takto zaměřených zakázek.

Vzhledem k tomu, že laserové mikroobrábění je poměrně rozšířeno a využívanou technologií, výzkumné centrum HiLASE se zaměří především na využití mikroobrábění v nestandardních aplikacích, kde současná komerčně dostupná řešení neposkytují uspokojivé výsledky, a na realizaci komplexněji zaměřených projektů, včetně zpracování výsledků, realizaci navazujícího výzkumu apod. Výhodou výzkumného centra HiLASE je, že příslušná zařízení a technologie jsou soustředěny na jednom místě (laser-job-shop), což umožňuje prověřit i relativně nestandardní postupy a testovat tyto technologie s různými parametry. Výhodou je i personální obsazení HiLASE, kde na jednom pracovišti působí nejenom odborníci zabývající se laserovými aplikacemi, ale i výzkumní pracovníci zabývající se vývojem laserů a laserových komponent, materiálovým výzkumem i teoretickými výpočty a modelováním.

Možnosti v této technologické oblasti značně rozšíří lasery s vysokým výkonem, k jejichž zprovoznění dojde v průběhu roku 2015. Tyto lasery s vysokým výkonem a velkým rozměrem optického svazku umožní

nejen optimalizovat parametry podle specifických požadavků a realizovat tyto technologické procesy daleko efektivněji, ale i nabízet zcela nové a nestandardní aplikace (jako je například řezání dielektrických materiálů, obtížně dělitelných nebo velmi tenkých materiálů apod.).

#### **Laserové zpracování povrchu**

Laserové zpracování povrchu zahrnuje technologie, které s využitím vysoce výkonných laserů umožňují modifikovat povrchy různých materiálů a měnit jejich vlastnosti. Jako perspektivní se ukazují tyto směry:

- strukturování povrchů, popisování a gravírování;
- navařování materiálů;
- nanášení tenkých vrstev s využitím plazmatu;
- tvorba nanočástic a nanočásticových povrchů (depozice nanočástic).

Prvé dvě technologie lze zapůjčenými lasery realizovat již nyní. Zájem mají především podniky působící v odvětvích zpracovatelského průmyslu, jako jsou strojírenství, nástrojářství, výroba dopravních prostředků, plastikářský průmysl a elektrotechnika.

Podobně jako v případě laserového mikroobrábění, i zde bude výzkumné centrum HiLASE nabízet řešení nestandardních aplikací, kde komerčně dostupná zařízení nedávají uspokojivé výsledky, a realizaci komplexněji pojatých zakázek (zahrnujících další výzkum, analýzy apod.). Možnosti v této oblasti dále zvýší zprovoznění vysoce výkonných laserů.

#### **Vývoj laserů pro zdroje EUV záření pro litografii**

V souvislosti se zvyšováním výkonu výpočetní techniky a snižováním výrobních nákladů a energetické náročnosti stoupají i požadavky na vyšší integraci součástek na čipu. Z tohoto důvodu je snaha používat při litografických technikách optické zdroje s co nejkratší vlnou délkou. Jednou z perspektivních oblastí je i tzv. extrémní ultrafialová litografie (Extreme UltraViolet Lithography, EUVL), při níž je využíváno ultrafialové záření s vlnovou délkou přibližně 13,5 nm.

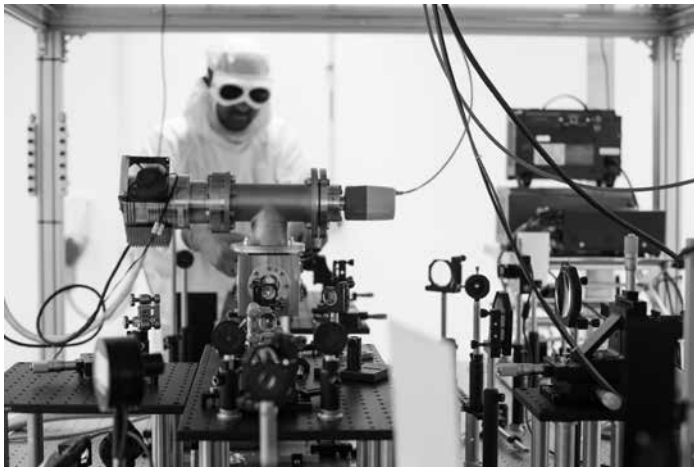
Výzkumné centrum HiLASE k těmto účelům vyvíjí speciální pulzní lasery s vysokým výkonem, které budou využívány jak přímo ve zdroji EUV záření (tzv. pre-pulzní laser), tak jako inspekční zdroje pro kontrolu optických masek využívaných při litografickém procesu, a bude je dodávat výrobcům zdrojů EUV pro litografii.

Vzhledem k tomu, že se jedná o značně nákladnou technologii, vývojem EUV zdrojů se v současné době zabývá pouze omezený počet společností, jako například nizozemská společnost AMSL-Cymer (<http://www.cymer.com/>) či německý Carl Zeiss (například [http://www.zeiss.com/semiconductor-manufacturing-technology/en\\_de/products-solutions/photomask-systems/mask-qualification/aims-euv.html](http://www.zeiss.com/semiconductor-manufacturing-technology/en_de/products-solutions/photomask-systems/mask-qualification/aims-euv.html)). Technologickým problémem je především dosažení požadovaných parametrů, které jsou pro EUV zdroje klíčové, tj. dosažení výkonu laseru na úrovni 1 kW a zajištění jeho stability.

#### **Lasery pro zdroje v rentgenové mikroskopii**

V rentgenové mikroskopii je využíváno měkkého rentgenového záření o vlnových délkách přibližně 2 nm. Záření s touto vlnovou délkou prochází vodou a je vhodné k zobrazování vnitřní stavby materiálů, které vodu obsahují, a tedy i pro mikroskopii živých objektů s vysokým rozlišením (*water-window microscopy*). Využití rentgenové mikroskopie je proto zejména v biotechnologiích, chemii, lékařství apod.

I v tomto případě bude výzkumné centrum HiLASE dodávat výrobcům zdrojů pro rentgenovou mikroskopii kompaktní lasery vhodných



parametrů. Technologické problémy jsou podobné jako v případě laserů pro zdroje EUV záření – vysoký výkon, stabilita a spolehlivost.

Laser pro zdroje pro rentgenovou mikroskopii je zatím ve stavu VaV (tento laser je vyvíjen ve vazbě na vývoj laserů pro zdroje pro EUV litografii). Zájem o rentgenovou mikroskopii však zatím není příliš vysoký, z tohoto důvodu se projevuje potenciál v této technologické oblasti zřejmě až v delším časovém horizontu.

#### **Výkonné zdroje pro střední infračervenou oblast**

V současné době existuje poměrně málo intenzivních zdrojů pro střední infračervenou oblast spektra (*middle infrared*, MIR). Jednou z možností je konverze záření o vlnové délce přibližně 1  $\mu\text{m}$  (kterou mají i lasery výzkumného centra HiLASE) na vlnovou délku 1,5  $\mu\text{m}$  až 3,5  $\mu\text{m}$  s využitím opticky nelineárních krystalů.

Ve světě existuje několik výrobců laserů pro MIR oblast spektra s výkonem na úrovni 1 W. Laser, který se vyvíjí ve výzkumném centru HiLASE, by měl umožnit připravit tyto zdroje s výkonem až 10 W. V současné době pokračují vývojové práce a testují se možnosti konverze laserového paprsku o vlnové délce asi 1  $\mu\text{m}$  do oblasti 1  $\mu\text{m}$  – 3  $\mu\text{m}$ . Po dokončení vývoje bude nejprve nabízen modul, který bude tuto konverzi umožňovat, další fázi budou dodávky kompletních systémů s laserem.

Potenciál pro využití laserových zdrojů pro MIR oblast spektra je značný. Jejich využití je ve spektroskopických metodách v řadě vědních disciplín, jako jsou biotechnologie, molekulární vědy, biologie, medicína (neinvasivní diagnostika), životní prostředí (monitorování znečištění), sdělovací technika (například komunikace ve volném prostoru) a v dalších oborech.

Dokončení vývoje pulzního laseru ve střední infračervené oblasti spektra s vysokým výkonem značně rozšíří i možnosti využití stanice pro měření LIDT. O měření v této oblasti spektra by měl být zájem zejména ze strany výrobců vojenské techniky. Tento zdroj také rozšíří možnosti výzkumného centra HiLASE při realizaci VaV projektů pro zákazníky nebo realizaci zákaznických experimentů.

#### **Vývoj laserových systémů**

Nejvýznamnější část aktivit výzkumného centra HiLASE je VaV laserů, laserových technologií a laserových aplikací. Výzkumné centrum HiLASE bude vyvíjet a dodávat lasery a laserová zařízení podle požadavků uživatelů.

Přestože je trh v této oblasti značně obsazen, prostor existuje zejména ve vývoji speciálních laserů, které zatím nejsou komerčně dostupné, nebo ve vývoji laserů a laserových zařízení podle specifických

požadavků pro nasazení v různých technologických oblastech (průmyslová nasazení, lékařství, měřicí technika a diagnostika apod.). Předpokládá se, že výzkumné centrum HiLASE bude realizovat vývoj laserů se specifickými parametry do stadia prototypu nebo ve značně omezených sériích (což souvisí s jeho omezenými výrobními kapacitami).

#### **Vývoj klíčových komponent pro lasery a laserové technologie**

Pracovníci HiLASE také vyvíjejí (příp. vyvinuli) několik laserových komponent, které mají využití v laserech, jejich aplikacích nebo i v jiných experimentech. Perspektivní jsou například tyto komponenty:

- Faradayovy izolátory (například [11]);
- Pockelsovy cely (například [12]);
- zařízení pro navázání intenzivního laserového paprsku do optického vlákna;
- laserové slabý (například [13]);
- tenkodiskové regenerativní zesilovače (například [14]).

Vývoj některých z uvedených komponent, jako je například Faradayův izolátor a Pockelsova cely, je dokončen a komponenty jsou již využívány. Další komponenty jsou vyvíjeny v rámci VaV projektů (financovaných například z rámcových programů EU) nebo ve spolupráci s partnery z podnikového sektoru (například laserový slabý).

Výše uvedené komponenty může výzkumné centrum HiLASE nabídnout dalším uživatelům. I v tomto technologickém segmentu působí na trhu zavedené společnosti dodávající kvalitní komponenty i firmy z ČLR, které se naopak snaží prorazit nízkými cenami. Výzkumné centrum HiLASE se však na trhu může prosadit vývojem a dodávkami komponent s parametry, kterých komerčně dostupné komponenty nedosahují, nebo komponent podle specifických požadavků zákazníků (například pro unikátní aplikace nebo zařízení). Podobně jako v případě laserů i u laserových komponent se předpokládá, že vývoj bude realizován až do stadia prototypu, poté bude prodána licence nebo know-how firmě, která bude komponenty vyrábět.

#### **Modelování laserových systémů, analýza deformací optických prvků a korekce vlnoplochy**

Ve výzkumném centru HiLASE jsou už nyní navrženy a vyvinuty některé metody a postupy, pro vývoj a testování laserů, laserových systémů a jejich aplikací a které je v současné době možné nabídnout i dalším zájemcům:

- modelování laserových systémů, které umožní optimalizovat lasery (zejména lasery s vysokým výkonem) a nastavit jejich optimální parametry podle požadavků;
- měření a analýza deformace optických komponent, které nastanou v laserech například v důsledku uvolněného tepla;
- korekce optické vlnoplochy emitovaného záření, která nastává v důsledku deformací některých komponent laserů, s využitím adaptivní optiky.

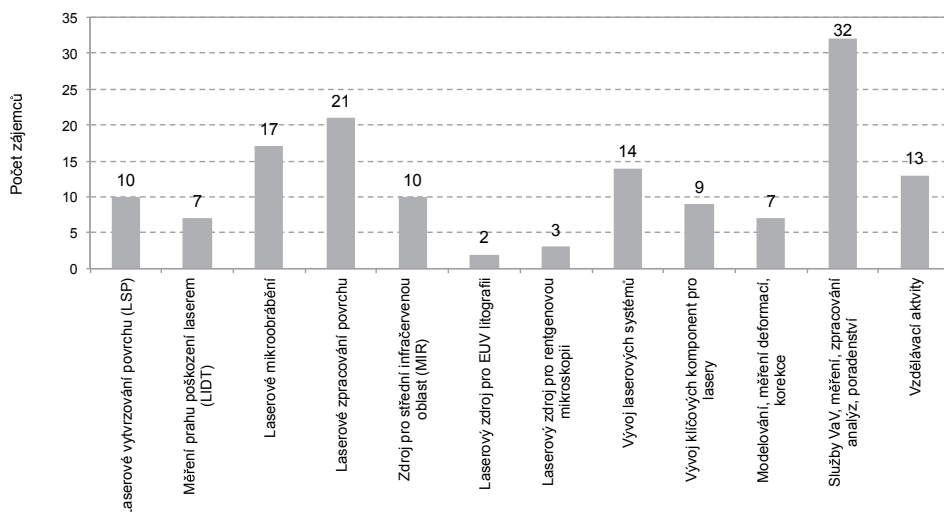
Výzkumné centrum HiLASE disponuje pro tyto účely jak komerčním, tak i vlastním programovým vybavením. HiLASE také vyvinulo metodiku pro diagnostiku laserového svazku umožňující efektivním způsobem stanovit parametr kvality optického svazku (parametr M2). Navržený postup je již patentově chráněn.

Výše uvedené metody a postupy mohou využít zejména výzkumné organizace, které se zabývají vývojem a konstrukcí laserů a laserových systémů pro vysoké optické výkony, nebo jejich výrobci, kteří nemají potřebné odbornosti nebo experimentální vybavení. Tyto služby jsou zajímavé i pro výrobce adaptivní optiky.

#### **Poskytování služeb – zákaznický VaV, měření a experimenty pro zákazníky a zpracování odborných studií analýz a poradenská činnost**

Výzkumné centrum HiLASE může díky svému unikátnímu vybavení a zkušenostem svých výzkumných pracovníků nabízet zákazníkům z podnikového i výzkumného sektoru z ČR i zahraničí následující služby:

- zákaznický VaV zaměřený na lasery a laserové technologie, využití laserů a laserových technologií v různých technologických oblastech (například optimalizace výrobních procesů s využitím laserů) apod.;
- realizaci zakázek a experimentů podle požadavků zákazníků, jako je provádění speciálních měření, testování, kalibrací apod., využívajících vybavení HiLASE;
- zpracování odborných studií, analýz, posudků a rešerší, poskytování konzultací zaměřených na lasery a jejich využití.



**Graf 2 – Počty zájemců o spolupráci v jednotlivých technologických oblastech a službách**

Výše uvedené činnosti mohou být výzkumným centrem HiLASE poskytovány jako samostatná aktivita i v návaznosti na ostatní nabízené technologie a produkty.

#### **Odborná školení, semináře a další vzdělávací aktivity v oblasti laserů a laserových technologií**

HiLASE jako výzkumné a znalostní centrum v oboru laserů, laserových technologií a jejich aplikací je také aktivně zapojeno do rozvoje vzdělanosti v těchto technologických oblastech. HiLASE realizuje vzdělávací akce, jako jsou specializovaná školení, semináře a workshopy zaměřené na aktuální otázky laserů, laserových technologií a využívání laserů (například rizika práce s lasery a bezpečnost, využití laserů v průmyslu, údržba laserů apod.). Takto zaměřené aktivity zlepšují nejen znalosti a dovednosti pracovníků různých sektorů používajících lasery, ale umožňují výzkumnému centru HiLASE zvyšovat povědomí širší veřejnosti o jeho aktivitách a rozšiřovat spektrum potenciálních zákazníků.

#### **VÝSLEDKY PRŮZKUMU MEZI ZÁSTUPCI APLIKAČNÍ SFÉRY**

Zájem o produkty, technologie a služby popsané v předcházejících kapitolách byl ověřen průzkumem mezi zástupci aplikační sféry. Z průzkumu provedeného na přelomu roku 2014 a 2015, ve kterém bylo různou formou dotázáno téměř 200 zástupců aplikačního sektoru z ČR i zahraničí, jednoznačně vyplývá, že o produkty, technologie a služby nabízené výzkumným centrem HiLASE je zájem. Potenciální zákazníci mají většinou zájem o spolupráci s výzkumným centrem HiLASE ve více oblastech, největší zájem je zákaznický výzkum a vývoj, měření s využitím experimentálního vybavení HiLASE a poradenská činnost.

Pro firemní sektor (zejména z ČR) je zajímavá také možnost laserového strukturování povrchu a laserového mikroobrábění, zejména využití unikátního laserového vybavení pro realizaci specifických procesů. Jako velmi perspektivní aplikace se také ukazují technologie vytváření povrchů rázovou vlnou vyvolanou laserem (LSP) a testování prahu poškození laserem (LIDT), viz **graf 2**.

Další perspektivní oblastí je společný vývoj laserů, jejich komponent i laserových systémů pro konkrétní aplikace, včetně jejich optimalizace a testování. Jak vyplývá z provedených rozhovorů, o spolupráci tohoto typu projevil zájem řada zákazníků z výzkumného i podnikového sektoru včetně významných subjektů ze zahraničí. Zájem (především ze strany výzkumných organizací) je také o společný vývoj laserů pro střední infračervenou oblast spektra (MIR).

#### **ZÁVĚR**

Laserové technologie a jejich aplikace představují velice perspektivní oblast, která se v posledních letech intenzivně rozvíjí v celém světě. Vysoká úroveň a dnes už i dlouhá tradice výzkumu a vývoje v této oblasti v ČR vedla EU k rozhodnutí vybudovat v ČR globálně unikátní infrastrukturu ELI Beamlines, v jejímž těsném sousedství a tedy i oborově návaznosti vzniklo i výzkumné centrum HiLASE jako jedno z regionálních center podpořených z prostředků OP VaVpl.



HiLASE se velmi výrazně orientuje na aplikace laserových technologií a na vývoj laserů pro aplikační sféru. Důležité je aktivní zapojení HiLASE do realizace Strategie pro inteligentní specializaci (S3 strategie) Středočeského kraje [15]. Vzhledem k tomu, že trh pro některé produkty a technologie, které bude centrum nabízet, je v ČR značně omezený nebo téměř neexistuje, je i v oblasti aplikací důležité rozvíjet vazby na subjekty v zahraničí. Je nezbytné, aby HiLASE věnovalo patřičnou pozornost i finanční prostředky efektivnímu marketingu technologií, své prezentaci na zahraničních veletrzích, jako je například Laser World of Photonics apod., i propagaci nabídek svých kapacit, technologií i služeb v zahraničí.

Studie zpracované Technologickým centrem AV ČR jednoznačně prokázaly, že produkty, technologie a služby, které bude výzkumné centrum HiLASE nabízet svým partnerům, mají vysoký aplikační potenciál a mohou výzkumnému centru HiLASE zajistit příjmy z externích zdrojů.

Pro zajištění dlouhodobé udržitelnosti výzkumného centra HiLASE je klíčové jeho zapojení do mezinárodního výzkumu i do spolupráce s aplikačním sektorem. Jak bylo uvedeno v předcházejících kapitolách, výzkumné centrum HiLASE se již účastní několika mezinárodních výzkumných projektů finančně podpořených v rámcovém programu Horizont 2020, které napomáhají rozvoji jeho vazeb na přední výzkumné organizace v EU zabývající se laserovými technologiemi a vytvářejí podmínky pro aktivní zapojení centra do Evropského výzkumného prostoru. Výzkumné centrum HiLASE spolupracuje s řadou zahraničních výzkumných organizací a podniků i na individuální bázi. Zapojení do mezinárodního výzkumu tak přispívá ke strategickému rozvoji výzkumného centra, vývoji konkrétních aplikací, které budou využity spolupracujícími podniky, i k získání finančních prostředků ze zahraničí. Důležitá je i mezinárodní mobilita, která umožní nejen zajistit přední odborníky ze zahraničí a rozvíjet nové metodiky na domácím pracovišti, ale i získávat zkušenosti z působení na zahraničních pracovištích.

Výzkumné centrum HiLASE zpřístupňuje nejmodernější laserové technologie výzkumným organizacím a podnikům z ČR a o spolupráci již projevily zájem přední výzkumné instituce a podniky ze zahraničí. Bude-li zájem uživatelů služeb výzkumného centra HiLASE narůstat jako v počátečních fázích, kdy zdaleka nejsou všechna zařízení ještě v provozu, lze očekávat, že výzkumné centrum HiLASE dosáhne stanovených cílů a získá finanční příjmy z externích zdrojů, které jsou nezbytné k zajištění jeho dlouhodobé udržitelnosti. Výzkumné centrum HiLASE má i značný význam pro evropské centrum excellence ELI Beamlines, které se buduje v jeho těsné blízkosti, neboť se předpokládá, že HiLASE bude pro ELI vyvíjet a dodávat speciální lasery a laserové komponenty, které lze získat na trhu jen obtížně. Výzkumné centrum HiLASE má tak předpoklady pro to, aby se v blízké budoucnosti stalo nejen významným znalostním centrem v oblasti laserových technologií nejen v ČR, ale i na úrovni EU.

#### **Přehled hlavních informačních zdrojů**

- [1] Výzkumné centrum HiLASE (<http://www.hilase.cz/>)
- [2] Studie Uživatelský potenciál výzkumného centra HiLASE zpracovaná Technologickým centrem AV ČR v roce 2015
- [3] Výzkumné centrum ELI Beamlines (<http://www.eli-beams.eu/cs/>)
- [4] European Roadmap for Research Infrastructures. European Strategy Forum on Research Infrastructures ([http://ec.europa.eu/research/infrastructures/index\\_en.cfm?pg=esfri-roadmap](http://ec.europa.eu/research/infrastructures/index_en.cfm?pg=esfri-roadmap))

- [5] Technology Facilities Council, Rutherford Appleton Laboratory (<http://www.stfc.ac.uk/76.aspx>)
- [6] Centrum pro inovace a transfer technologií, CITT (<http://www.citt.cz/cz/>)
- [7] Program Horizont 2020 (<http://www.h2020.cz/cs>)
- [8] Národní výzkumná a inovační strategie pro inteligentní specializaci České republiky. MŠMT (<http://www.msmt.cz/strukturalni-fondy/ris3-strategie-cr>)
- [9] Laser Shock Peening (LSP). Metal Improvement Company (<http://www.metalimprovement.co.uk/laser-peening.html>)
- [10] RP Photonics Encyclopedia - Laser-induced Damage. RP Photonics Consulting GmbH ([http://www.rp-photonics.com/laser\\_induced\\_damage.html?s=ak](http://www.rp-photonics.com/laser_induced_damage.html?s=ak))
- [11] RP Photonics Encyclopedia - Faraday Isolators. RP Photonics Consulting GmbH ([http://www.rp-photonics.com/faraday\\_isolators.html](http://www.rp-photonics.com/faraday_isolators.html))
- [12] RP Photonics Encyclopedia - Pockels Cells. RP Photonics Consulting GmbH ([http://www.rp-photonics.com/pockels\\_cells.html](http://www.rp-photonics.com/pockels_cells.html))
- [13] RP Photonics Encyclopedia - Slab Lasers. RP Photonics Consulting GmbH ([http://www.rp-photonics.com/slab\\_lasers.html?s=ak](http://www.rp-photonics.com/slab_lasers.html?s=ak))
- [14] RP Photonics Encyclopedia - Regenerative Amplifiers. RP Photonics Consulting GmbH ([http://www.rp-photonics.com/regenerative\\_amplifiers.html?s=ak](http://www.rp-photonics.com/regenerative_amplifiers.html?s=ak))
- [15] RIS3 Strategie Středočeského kraje. (<https://www.kr-stredocesky.cz/web/regionalni-rozvoj/zakladni-informace>)

ZDENĚK KUČERA, JIŘÍ JANOŠEC,  
TECHNOLOGICKÉ CENTRUM AV ČR,  
KUCERA@TC.CZ, JANOSEC@TC.CZ  
foto archiv HiLASE

#### **KONTAKTY**

Ing. Oskar Lažanský  
Centrum pro inovace a transfer technologií  
Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i.  
Za Radnicí 828  
252 41 Dolní Břežany  
Tel: 266 051 288  
Mobil: 725 015 339  
E-mail: oskar.lazansky@eli-beams.eu

Ing. Tomáš Mocek, Ph.D.  
Centrum HiLASE  
Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i.  
Za Radnicí 828  
252 41 Dolní Břežany  
Tel.: 314 007 701  
E-mail: mocek@fzu.cz



# Rozhovor s Tomášem Mockem, vědeckým koordinátorem a vedoucím výzkumného centra HiLASE

ING. TOMÁŠ MOCEK, Ph.D., ABSOLVOVAL POSTGRADUÁLNÍ STUDIUM NA JFJI ČVUT V PRAZE A V KOREJSKÉM ÚSTAVU POKROČILÝCH VĚD A TECHNOLOGIÍ (KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, KAIST). OD ROKU 1994 PŮSOBÍ VE FZÚ. ZÚČASTNIL SE NĚKOLIKA DLOUHODOBÝCH POBYTŮ NA VÝZNAMNÝCH VÝZKUMNÝCH PRACOVÍŠTÍCH V ZAHRANIČÍ.

**ECHO: Můžete nám stručně popsat, v jakých souvislostech vznikl projekt výzkumného centra HiLASE a na jaké největší problémy jste při jeho realizaci narazili? Jak byste charakterizoval unikátnost HiLASE v evropském prostředí?**

**Mocek:** Ideový záměr projektu výzkumného centra HiLASE vznikl v letech 2007 až 2008, kdy byl FZÚ zapojen v přípravné fázi projektu ELI (ELI PP). Během ní se ukázalo, že je třeba mít u výzkumného centra ELI také technologickou platformu, která bude vyvíjet čerpací lasery, jež by jinak výzkumné centrum ELI muselo nakupovat draze od zahraničních dodavatelů. Naplno se ukázala potřeba rozšířit projekt ELI tak, aby byl přínosný i pro aplikační sféru.

Největším problémem při realizaci projektu (kromě některých technologických problémů) činila výběrová řízení podle zákona o veřejných zakázkách. Tento zákon není vhodný pro realizaci projektů typu ELI a HiLASE.



Tomáš Mocek

foto B. Koč

Ty mají vyvíjet globálně unikátní produkty, které skutečně jinde ve světě neexistují. To ovšem vyžaduje unikátní vybavení specifickými zařízeními a komponentami, které může ve světě poskytnout pouze značně omezený počet dodavatelů. Na MŠMT také zpočátku nebyla zkušenost s realizací projektů tohoto typu. Důsledkem byla poměrně značná administrativní a časová náročnost. Nyní je však spolupráce s MŠMT již dobrá.

Výzkumné centrum HiLASE je unikátní díky svým laserům, jejichž parametry předčí podobná centra ve světě. HiLASE je také unikátní tím, že na jednom místě je soustředěn jak vývoj špičkových laserů, tak i vývoj jejich aplikací, což není ve světě obvyklé. Výzkumné centrum HiLASE již od samého počátku zahájilo vývoj vlastních laserů, které budou v centru využívány, a nečekalo se na dokončení výstavby centra, jako v případě jiných projektů podpořených z OP VaVpl.

**ECHO: Jak hodnotíte cíle výzkumného centra a jeho plánované aktivity v souvislosti se zajištěním jeho dlouhodobé udržitelnosti? Kde očekáváte největší problémy a co jste učinili/hodláte učinit pro to, aby se udržitelnost zajistila? Považujete Národní program udržitelnosti za dostatečný, případně jaká by byla nevhodnější forma podpory státu?**

**Mocek:** Jsme přesvědčeni, že dosáhneme cílů, které zajistí dlouhodobou udržitelnost HiLASE. I když lasery, kterými bude výzkumné centrum HiLASE disponovat, budou na technologických limitech, jejich dosavadní vývoj probíhá podle původních záměrů. V současnosti máme celkem dost zakázek menšího rozsahu. Problémem je čas, který je nezbytný k tomu, aby se na zcela nové výzkumné centrum obraceli potenciální zákazníci s požadavky a zakázkami většího rozsahu. Z dosavadních zkušeností s realizací komerčních zakázek také vyplývá, že v řadě případů mohou být problémem nároky zákazníků, a to zejména z velkých podniků ze zahraničí, kteří nadto vyžadují úplná práva k novým poznatkům.

Národní program udržitelnosti je v současné době jediným nástrojem, který může centřům, jako je HiLASE, zajistit významnou část jejich provozních nákladů. Pro rozvoj spolupráce s podniky by bylo přínosné zvážit zavedení programu inovačních poukázek s vyšším finančním objemem, který by byl přístupný i pro větší podniky. K rozvoji výzkumného centra HiLASE by také přispěly investiční pobídky, které by umožnily domácím i zahraničním podnikům za výhodných podmínek koupit pozemek poblíž HiLASE a vybudovat zde svá vývojová centra. Tato centra by potom spolupracovala s HiLASE a mohla by využívat i studenty působící ve výzkumném centru HiLASE.

**ECHO: Jaké je vaše dosavadní zapojení do mezinárodního výzkumu (příp. Evropského výzkumného prostoru) a jaké máte cíle v budoucnosti?**

**Mocek:** Výzkumné centrum HiLASE, nebo FZÚ získal z rámcového programu Horizont 2020 finanční podporu pro projekt typu „Teaming“, ve kterém budeme spolupracovat s STFC Rutherford Appleton Laboratory z Velké Británie. Projekt je zaměřen na tři klíčové oblasti: vybudování plně vybaveného experimentálního zařízení včetně komor s terčí,

diagnostikou a optickými systémy pro rozvedení laserových svazků do experimentálních laboratoří, poskytnutí provozních prostředků potřebných pro experimentální programy a provoz včetně návrhů a plánování experimentů a analýz výsledků a upgrade vybavení tak, aby si výzkumné centrum HiLASE zachovalo svou konkurenceschopnost i do budoucna.

V současné době jsou připravovány další projekty do programu Horizont 2020. Jedná se například projekt typu „Twinning“, do kterého jsme předběžně identifikovali partnery. Připravujeme projekty do dalších výzev, například v oblasti letectví.

Přínosné pro výzkumné centrum HiLASE jsou i akce Marie Curie. V současné době byl podpořen projekt našeho mladšího pracovníka, který bude na půlročním pobytu v jednom z ústavů Společnosti Maxe Plancka v Německu.

**ECHO: V tzv. nových členských státech EU vznikla celá řada velmi pokročilých výzkumných center vybudovaných s podporou strukturálních fondů, tedy z prostředků evropských daňových poplatníků. Jakkoliv tato centra disponují vybavením, které je vysoce pokročilé**

*i v porovnání se západoevropskými kapacitami, přece jen není snadné zapojit je do evropských projektů, které se spíše obracejí na zařízení už dobře zavedená. Neměla by Evropská komise uvažovat o zavedení pobídek, aby tato zařízení byla lépe využívána při řešení projektů programu H2020 či vůbec na úrovni EU?*

**Mocek:** Náš projekt Teaming zatím získal financování pro první fázi. K lepšímu zapojení do projektů rámcových programů by také přispělo, aby ČR lobbovala v EK za vhodnou formu pobídek k zapojení zdejších infrastruktur a center do těchto projektů. Také by pomohlo, kdyby se podařilo prosadit, aby u vybraných infrastruktur bylo umožněno převedení některých finančních prostředků na zajištění jejich udržitelnosti.

**ECHO:** *Evropská komise počítá pouze s velmi omezeným počtem projektů Teaming for Excellence, které se dostanou do druhé fáze, v níž by měly získat velmi významnou podporu na realizaci „business plánů“ z první fáze. Těch projektů stěží bude deset (pro všechny členské země střední a východní Evropy). Máte tedy nějaký „plán B“ pro případ, že nezískáte podporu pro druhou fázi projektu?*

**Mocek:** Pokud by HiLASE nezískalo II. fázi projektu Teaming (asi 20 mil. €), tak by bylo přínosné, aby MŠMT umožnilo jeho financování z jiných zdrojů, například z Operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání, a bylo tak možné zajistit udržitelnost a další

technologický rozvoj a rozšíření infrastruktury HiLASE (což je v případě HiLASE asi 30 mil. €) na „HiLASE II“. Na takovou podporu by nedosáhla všechna podpořená výzkumná centra, ale jen infrastruktury s nejlepším hodnocením a s nejvyšším potenciálem do budoucna.

Ještě jednou, umím si představit i lobbying za tyto infrastruktury na úrovni EU pro jejich další rozvoj a zajištění udržitelnosti a dalšího rozvoje. Takový lobbying by byl dobrý i z pohledu „nenáročnosti“ na jejich financování ze státního rozpočtu ČR.

**ECHO:** *Jaký vidíte potenciál výzkumného centra HiLASE pro zapojení do regionální (národní) infrastruktury VaVal a S3 strategie Středočeského kraje? Se kterými evropskými pracovišti si budete konurovat, se kterými spolupracovat?*

**Mocek:** Zapojení výzkumného centra HiLASE do realizace S3 strategie Středočeského kraje je přínosné pro obě strany. Zapojení do této strategie byl mj. i jeden z významných argumentů pro schválení zmíněného projektu Teaming for Success, v jehož rámci by měla být realizována strategicky zaměřená spolupráce s britskou radou Science and Technology Facilities Council (STFC). I když konkurence v oblasti laserových technologií je velká, výzkumné centrum HiLASE má uzavřeny dohody o spolupráci formou „Memorandum of Understanding“ s řadou výzkumných institucí ve světě.

## Rozhovor s Oskarem Lažanským, business development manažerem Centra pro inovace a transfer technologií FZÚ

ING. OSKAR LAŽANSKÝ JE BUSINESS DEVELOPMENT MANAŽER CENTRA PRO INOVACE A TRANSFER TECHNOLOGIÍ (CITT), KDE SE ZABÝVÁ ZEJMÉNA ROZVOJEM SMLUVNÍCH VZTAHŮ S EXTERNÍMI PARTNERY. VYSTUDOVAL OBOR EKONOMIKA A ŘÍZENÍ V ELEKTROTECHNICE NA FAKULTĚ ELEKTROTECHNICKÉ ČVUT V PRAZE. PO STUDIU V ZAHRANIČÍ PŮSOBIL VE VEDOUČÍCH POZICÍCH V PODNIKOVÉ SFÉRE.

**ECHO:** *Na jaké problémy jste narazili/narážíte při vytváření systému pro komercializaci a při komercializaci a spolupráci s externími subjekty?*

**Lažanský:** Problémů, které řešíme, je celá řada, např. zatím nemáme vytvořené jméno a firmy nás neznají jako jednoho z možných spolehlivých dodavatelů. České firmy, které mají zájem o inovace, nevědí, že by si u nás mohly zadat externí výzkum, preferují spíše výzkum in-house. Také často řešíme problémy spojené s ochranou vzniklého duševního vlastnictví společných projektů. Např. v SRN tento problém není, všichni znají Fraunhoferovy instituty a jejich možnosti, my ale budujeme svoje jméno skoro od nuly.

**ECHO:** *Využíváte v tomto procesu služeb dalších subjektů (tj. mimo FZÚ), jako jsou inovační centra, inkubátory (například InnoCrystal ve Zlatníkách-Hodkovicích), investoři apod.? Co v nabídce těchto institucí chybí a co by se mělo zlepšit? Zvažujete založení spin-off firmy pro komercializaci některých perspektivních technologií?*

**Lažanský:** Zatím nevyužíváme, zvažujeme společné semináře. O založení spin-off uvažujeme v horizontu dvou až tří let, protože flexibilita komerční spin-off firmy bude určitě žádoucí a bude to i jedno z měřítek úspěchu transferu technologií z HiLASE.

**ECHO:** *Jak hodnotíte dosavadní zakázky a spolupráci s aplikační sférou a jaké z toho pro vás vyplývají závěry a jak vidíte takovou spolupráci do budoucna?*

**Lažanský:** Zájem o spolupráci je velký, zatím převážně z ČR. Firmy mají občas obavu, že projekty budou trvat moc dlouho, to ale není náš případ.

Navíc neděláme komerčně dostupné věci, nabízíme spolupráci, která není jinde běžně dostupná. Do budoucna jsem optimista, je však ještě mnoho věcí, které lze vylepšit.

**ECHO:** *Jaké produkty, technologie a služby považujete z hlediska zajištění příjmů z externích zdrojů a udržitelnosti za nejperspektivnější v krátkodobém i dlouhodobém horizontu?*

**Lažanský:** Výzkumné centrum HiLASE by mělo pomáhat řešit nestandardní záležitosti v oblasti laserů a jejich aplikací. Za jednu z nejperspektivnějších oblastí považuji vývoj laserů a laserových komponent. Předpokládám, že budoucí státní podpora bude více orientovaná na výsledky spolupráce s domácím průmyslem. I proto bychom přivítali

motivaci firem ke spolupráci formou nějakých pobídek ke spolupráci, jako jsou např. inovační vouchery apod.



Oskar Lažanský

# Rozhovory s vedoucími výzkumných programů HiLASE

TROJICI VEDOUČÍCH VÝZKUMNÝCH PROGRAMŮ HILASE JSME POLOŽILI ČTYŘI SPOLEČNÉ OTÁZKY. ODPOVÍDALI NÁM PROF. DR. AKIRA ENDO Z JAPONSKA, VEDOUČÍ VÝZKUMNÉHO PROGRAMU 1, DR. ANTONIO LUCIANETTI Z ITÁLIE, VEDOUČÍ VÝZKUMNÉHO PROGRAMU 2, A DR. DANIJELA ROSTOHAR ZE SRBSKA, VEDOUČÍ VÝZKUMNÉHO PROGRAMU 3.

*ECHO jim položilo tyto otázky:*

- 1.** Proč jste se rozhodli pro výzkumné centrum HILASE?
- 2.** Každé pracoviště má své specifické rysy, způsoby řízení atd. Co byste na základě svých velkých zkušeností ze zahraničních pracovišť označili jako největší pozitivum či negativum projektu HILASE?
- 3.** Můžete charakterizovat cíl, čeho byste rádi dosáhli v programu, který vedete, a zda vývoj projektu odpovídá vašim představám?
- 4.** Co považujete ve svém výzkumném programu za nejperspektivnější pro využití v praxi?

## PROF. DR. AKIRA ENDO (JAPONSKO)



AKIRA ENDO JE VEDOUČÍM VÝZKUMNÉHO PROGRAMU 1 CENTRA HILASE. POSTGRADUÁLNÍ VZDĚLÁNÍ ZÍSKAL V TOKIJSKÉM TECHNOLOGICKÉM ÚSTAVU (TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY). PŮSOBIL V ŘADĚ VÝZKUMNÝCH INSTITUCÍ, NAPŘ. WASEDA UNIVERSITY V JAPONSKU ČI FORSHUNGSZENSTRUM DRESDEN ROSSENDORF A UNIVERSITY JENA IOF V NĚMECKU.

SPOLUPRACOVAL TAKÉ S PODNIKY PŮSOBÍCÍMI V OBORU LASEROVÝCH TECHNOLOGIÍ (GIGAPHOTON, JAPONSKO).

- 1.** Po dlouholeté práci v Japonsku jsem nabídku z HiLASE viděl jako dobrou příležitost vyvinout novou generaci laserů v oblasti, ve které se dlouhá léta pohybují. Moje oblast jsou laserové zdroje pro rentgenovou mikroskopii (X-Ray) a ultrafialovou litografii (EUVL).
- 2.** Na základě svých dlouholetých zkušeností z Japonska mohu říci, že zde není jednoduché prosadit něco úplně nového, vládne zde spíše konzervativní přístup. V České republice to občas také sice dlouho trvá, ale funguje to rychleji. Jsou zde kulturní rozdíly a jiný způsob uvažování než v Japonsku, ale na druhou stranu nejsme zatíženi žádnými dlouholetými rigidními vědeckými strukturami apod.

Jako nevýhodu vidím problematiku nakupování různých komponentů po celém světě, což občas trvá, ale i tyto logistické problémy se nám daří řešit. Výhodou je naopak zase znalost např. japonských firem a součástek, ke kterým se jiná výzkumná centra vůbec nedostanou.

- 3.** Vyvinout picosekundový (ps) laserový zdroj. Věřím, že je to realistické a z vědeckého hlediska jsme si jistí. Průmysl je ale konzervativní a požaduje po nás spolehlivost a stabilitu nikoliv ve stavu prototypu, ale ve formě hotového produktu „na klíč“. Jsme

schopni předvést prototyp, ale vyvinout konečný produkt na úrovni zdroje o výkonu 1kW, to ještě bude potřebovat nějaký čas v další fázi udržitelnosti výzkumného centra HiLASE.

- 4.** Je to ps tenkodiskový laser pro automobilový průmysl. Další perspektivní aplikace jsou v oblastech ultrafialové litografie (EUVL), v polovodičovém a biotechnologickém průmyslu a zpracování nestandardních materiálů.

## DR. ANTONIO LUCIANETTI (ITÁLIE)



ANTONIO LUCIANETTI JE VEDOUČÍM VÝZKUMNÉHO PROGRAMU 2 CENTRA HILASE. TITUL Ph.D. ZÍSKAL NA UNIVERZITĚ V BERNU. PŮSOBIL V ŘADĚ VÝZNAMNÝCH ZAHRANIČNÍCH PRACOVIŠŤ, NAPŘ. UNIVERSITY OF CALIFORNIA, LAWRENCE LIVERMORE NATIONAL LABORATORY V USA A UNIVERSITY OF FLORIDA & CALIFORNIA, INSTITUTE OF TECHNOLOGY V USA. PŘED PROJEKTEM HILASE PŮSOBIL

JAKO VÝZKUMNÝ PRACOVNÍK CNRS V ECOLE POLYTECHNIQUE V PALAISEAU VE FRANCII.

- 1.** Po různých pracovních pozicích v Německu, USA, Švýcarsku a Francii jsem dostal nabídku od T. Mocka mít v HiLASE vlastní výzkumný tým s vlastním rozpočtem. Věnuji se oblasti vysokoenergetických laserů a se svým velmi mezinárodním týmem jsem velmi spokojený.
- 2.** Pozitivní bylo určitě začít úplně od nuly, což nám přineslo mnoho příležitostí a nových myšlenek např. v oblasti spektroskopických měření apod.

Jako negativní vnímám určitou nejistotu spojenou s projektovým financováním formou termínovaných kontraktů, kdy např. jiné zahraniční instituce mají pracovní smlouvy s klíčovými výzkumnými pracovníky ošetřeny formou permanentních pracovních pozic apod.

- 3.** Do léta 2015 vyvineme vysokoenergetický 100 J laser, na což se po téměř čtyřech letech už opravdu těším. Další výzvou pak bude upgrade tohoto laseru na 500 J a více. Zabýváme se také oblastí adaptivní optiky a spektroskopie. Zvažujeme společný evropský projekt v oblasti adaptivní optiky s Fraunhoferovým institutem z Německa. Nezapomínáme také na rozvoj programů podporujících mobilitu a vzdělávání pracovníků, aby se k nám vraceli motivovaní kolegové a obohacovali náš výzkum.

- 4.** Jako perspektivní se ukazuje oblast pokročilého softwarového modelování laserového svazku (tepelně-optické vlastnosti apod.) a oblast adaptivní optiky. Z pohledu průmyslu je také velmi perspektivní Faradayův izolátor (pasivní optický prvek), který s parametry, s jakými ho vyvíjíme, zatím nelze koupit na trhu.

## DR. DANIJELA ROSTOHAR (SRBSKO)



**DANIJELA ROSTOHAR JE VEDOUCÍ VÝZKUMNÉHO PROGRAMU 3 CENTRA HILASE. ABSOLVOVALA V OBORU LASEROVÉ SPEKTROSKOPIE NA UNIVERZITĚ VE STOCKHOLMU. PŮSOBILA JAKO VEDOUCÍ VÝZKUMNÁ PRACOVNICE V NĚKOLIKA ZAHRANIČNÍCH PRACOVIŠTÍCH, JAKO JE NAPŘ. KARLSRUHE INSTITUTE OF TECHNOLOGY V NĚMECKU, YSOLAR, SUZHOU V ČLR A NATIONAL CENTRE FOR**

LASER APPLICATIONS (NCLA) UNIVERSITY OF GALWAY V IRSKU.

**1.** Protože je to zcela nové centrum s velmi ambiciózními cíli orientované na průmysl a byla to pro mne velká výzva. Také se mi líbí pracovat s lidmi, kteří zde jsou.

**2.** Jako pozitivum vidím, že ve výzkumném centru HiLASE pracuje stále relativně malá skupina lidí schopná velmi operativně řešit

případné problémy. Máme politiku otevřených dveří a vzájemně velmi dobře spolupracujeme.

Negativa, která pozoruji, nepocházejí z HiLASE, ale spíše ze strany státních orgánů, které by s námi mohly lépe spolupracovat, jako tomu bylo v mých předchozích zaměstnáních ve výzkumných zařízeních v zahraničí. Je fajn, že zástupci státní správy přijedou navštívit HiLASE, ale to nám nestačí – rádi bychom viděli přínosnější výsledky takových návštěv, aby se více identifikovali i s našimi vizemi do budoucna. Asi to chce více času...

**3.** Ráda bych viděla HiLASE jako jedno nejen z evropských, ale i světových center v oblasti laserových aplikací. Proto bych ráda co nejvíce ukazovala naše možnosti jak průmyslu, tak i výzkumných institucím, a ukazovala, že jsme pro ně spolehlivý partner do budoucna.

**4.** Určitě je to laserové zpevňování povrchu (LSP), protože skutečnou LSP stanicí v Evropě zatím nikdo nepostavil a zájem i ze strany skutečně velkých průmyslových hráčů tady je a my máme možnost to změnit.

**Za ECHO se v rozhovorech ptali  
Zdeněk Kučera a Jiří Janošek**

## Hodnocení tematické priority Životní prostředí v 7. RP předložené Evropskou komisí

EVROPSKÁ KOMISE UVEŘEJNILA NA KONCI ROKU 2014 HODNOCENÍ TEMATICKÉ PRIORITY ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ VČETNĚ ZMĚNY KLIMATU. STUDII VYPRACOVALA SKUPINA PĚTI EXPERTŮ POD VEDENÍM KATHARINY HELMING Z LEIBNIZOVA CENTRA PRO VÝZKUM ZEMĚDĚLSKÉ KRAJINY. PROBLEMATIKA ŘEŠENÁ V TÉTO TEMATICKÉ PRIORITY 7. RP BYLA PŮVODNĚ ZACÍLENA NA PODPORU A KOORDINACI SPOLUPRÁCE V ENVIRONMENTÁLNÍM VÝZKUMU A PODPORU POLITIK EU. NA EKONOMICKOU KRIZI VŠAK VBRZKU ZAREAGOVAL I 7. RP ZMĚNOU ORIENTACE PRIORITY A VĚTŠÍM ZACÍLENÍM NA INOVACE A DOPADY PROJEKTŮ.

Do oblasti ŽP bylo na 29 výzev k předkládání projektů zasláno 2 589 návrhů projektů, z nichž téměř 19 % bylo vybráno k financování. Projektová úspěšnost byla vyšší u koordinačních a podpůrných akcí (které nepodporují výzkumné aktivity) než u klasických výzkumných projektů. Pro úplnost - úspěšnost projektů s českými účastníky dosáhla 18 %. Celkem se na řešení 493 podpořených projektů podílelo (příp. dosud podílí, neboť v době kompilace této zprávy bylo dokončeno jen 35 % projektů, tedy celé dvě třetiny jich ještě běží) 7 102 účastníků. Většina institucí (68 %) se účastnila jednoho projektu v oblasti ŽP, avšak 122 účastníků (tj. 4 %) se podílí na 10 a více projektech. Mnohonásobnou účast měly významné západoevropské výzkumné instituce a univerzity. Do jisté míry je tak mnohonásobná účast indikátorem kvality konsorcia, a tedy i známkou kvalitního výzkumu. Mezi 21 institucemi s nejvyšší mírou účasti dominují velké výzkumné ústavy jako Joint Research Centre (EU), Centre National de la Recherche Scientifique (Francie), le Consiglio Nazionale delle Ricerche (Itálie), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Španělsko), Max Planck Institute a Fraunhofer Institute (Německo) či TNO (Nizozemsko). Dále zde nalezneme velké univerzity ve Wageningenu, Utrechtu a Amsterdamu (Nizozemsko), Aarhus University a Danish Technological Institute (Dánsko), Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (Švýcarsko) či University of Exeter (Velká Británie). Dalším významným typem

organizace jsou národní environmentální agentury jako Natural Environment Research Council (Velká Británie), Ecologic Institute (Německo) nebo výzkumná centra zaměřená na životní prostředí a související oblasti: Deltares (Nizozemsko), Potsdam Institute for Climate Change Research a Helmholtz Centre for Environmental Research (Německo), International Institute for Applied Systems Analysis (Rakousko) a VITO (Belgie).

Mezi uvedenými 21 institucemi však není přítomen žádný reprezentant průmyslu a účast průmyslových partnerů je nízká i v porovnání s ostatními částmi specifického programu Spolupráce 7. RP (19,5 % proti 33,6 %). Zastoupení malých a středních podniků dosáhlo 14,5 %, často se však nejednalo o technologické společnosti, ale například podniky poskytující konzultační služby. To může být nezámyslným důsledkem požadavku na povinné zahrnutí MSP v některých tématech. Vzhledem k charakteru programu překvapuje i nízká účast nevládních organizací.

Co se týče jednotlivých zemí, hlavními příjemci financí bylo Německo (14,5 % celkového příspěvku na prioritu za dobu trvání 7. RP), Velká Británie (13,8 %) a Nizozemsko (10,5 %). Podíl rozpočtu získaného každým ze států, které k EU přistoupily po roce 2004, je menší než 1 %. Česká republika získala 0,62 % celkového rozpočtu.

Účast jednotlivých států koreluje s výší HDP a investicemi do výzkumu a vývoje. Tedy obecně řečeno, čím více investuje daná země do VaV, tím vyšší je pravděpodobnost, že její týmy získají podporu ze 7. RP. Je důležité si uvědomit, že financování výzkumu na úrovni EU musí být komplementární národní podpoře. Některé státy měly tendenci snižovat rozpočty jako důsledek ekonomické krize, takové podfinancování ale negativně ovlivňuje možnosti výzkumníků účastnit se rámcových programů. Zde však musíme upozornit, že ani tým expertů se nevyhnul povrchnímu schematickému náhledu na 7. RP. Zpráva totiž dává za příklad novým členským státům Itálii, Španělsko a Řecko, kde došlo ke snížení výdajů na výzkum a vývoj, aniž se to projevilo v jejich účasti v 7. RP („they performed well in securing FP7-Environment funding“ – viz str. 4 uvedené zprávy). Expertní hodnocení přece má vycházet z vyhodnocení přínosů a dopadů projektů, kterých se týmy z těchto tří zemí účastnily, a nikoliv ze schopnosti těchto týmů zabezpečit si podporu z finančních prostředků 7. RP.

## DOPADY PROJEKTŮ

Zpráva hodnotila zejména dopady projektů z několika dále rozvedených hledisek. Nejprve je ale nutné upozornit, že údaje nejsou konečné.

Co se týče **publikační činnosti**, do listopadu 2014 vedly projekty ke vzniku 2 876 článků, z nichž 44 % bylo uveřejněno v časopisech s vysokým citačním indexem (impact faktorem). Toto procento je třetí nejvyšší v tématech 7. RP (po oblasti zdraví a nanotechnologií). V průměru vedl každý projekt ke vzniku 13,6 publikací. Celkem 36 článků bylo uveřejněno v časopisech *Nature*, *Science Technology* a *Science*. Publikace tak přispěly k vytvoření kritického množství „dobrého výzkumu“. Pokud vezmeme v úvahu typ nástroje, zcela jednoznačně nejvíce publikací produkovaly velké integrované projekty.

Expert se snažili také zjistit, zda a jak výzkum podporovaný ze 7. RP skutečně zlepšil vědeckou kapacitu účastnících se týmů. Během kvalitativní analýzy 90 vybraných projektů mj. hodnotili dopady na excelenci jednotlivých účastníků i na vyspělost vědecké komunity určité oblasti. Asi 20 % zkoumaných projektů uvedlo nárůst jak počtu publikací, tak impakt faktoru. Ve většině případů to bylo důsledkem působení špičkových partnerů na ostatní spolupracovníky v konsorciu (tzv. *pull effect*). Důležitou roli hrál nábor mladých vědců, společné školicí aktivity či výměnné pobyty. Jako příklady dobré praxe lze zmínit projekty ATP, COMBINE či HERMIONE.

Na úrovni komunity lze sledovat tendence ke sdružování se na mezinárodní úrovni, které zahrnuje zakládání vědeckých organizací, organizaci konferencí, vypracování strategických výzkumných agend a plánů spolupráce. Rozdílem oproti minulosti je větší stupeň interdisciplinarity takových aktivit. V oblasti ŽP je výrazným příkladem IPCC (*Intergovernmental Panel for Climate Change*), IPBES (*Intergovernmental Platform for Biodiversity and Ecosystem Services*), ESP (*Ecosystem Service Partnership*) či GLP (*Global Land Project*). Aktivní spolupráce s těmito platformami představuje měřitelný dopad projektů 7. RP. Přibližně 20 % zkoumaných projektů potvrdilo interakci a dopad na mezinárodní komunity. Nejčastěji byla zmiňována spolupráce s IPCC. Významným příkladem mohou být projekty Carbo-EXTREME, CLIMSAVE či KNOWSEAS.

Příspěvek kapitoly ŽP k inovacím do velké míry závisel na přeorientování priority, kdy po roce 2009 vzrostl rozpočet věnovaný inovačním projektům. Bylo však nutné přizpůsobit výzkumnou agendu a nasměrovat ji od podpory excelentní vědy rovněž k podpoře průmyslových

a sociálních inovací, ale beze změny celkového rozpočtu a řídicích struktur. To se zdařilo jen zčásti. Z 212 ukončených projektů vzešlo 21 IPR žádostí: 17 patentů, 2 užité vzory (*utility models*) a 2 jiné. Zpráva konstatuje, že tento výsledek (0,1 IPR na projekt) je nižší než průměr celého specifického programu Spolupráce (0,5), avšak nedokládá, zda jde o oborový důsledek či nedostatečnou orientaci na inovace. Každopádně pro navýšení inovačních dopadů projektů je nutné posílit vazby s průmyslovými partnery, kteří mají kapacity k využití výsledků výzkumných aktivit. Nejvíce IPR aplikací vzešlo dle očekávání z oblasti zaměřené na environmentální technologie (např. projekty W2PLASTICS, MUSECORR, MIDTAL, ...). Experti soudí, že je nutné jít za rámec IPR a shromažďovat také data týkající se nových výrobků, služeb či metod i dosud neimplementovaných.

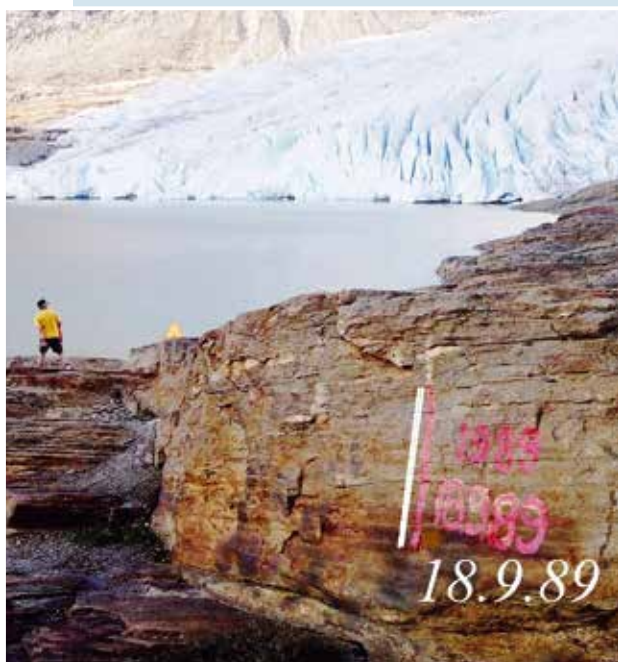
Velmi málo projektů bylo schopno poskytnout údaje o komercializaci inovací, ale výjimky naznačují, že projekty jsou schopny inovace implementovat již v jejich průběhu či krátce po jejich skončení a s významným obratem (v průměru 1-3,5 mil. €). Zpráva uvádí, že převážná část rozpočtu určeného pro inovace byla využita ve „středně rizikových projektech“, které dospějí k tržnímu uplatnění v průměru po 4,6 letech, a dosažené inovace pak mají „životnost“ 20 let. Expertní odhad uzavírá, že projekty zahrnuté do hodnocení mohou během životnosti inovací generovat obchodní obrat až 1,5 mld. € a vést k úspoře energie a surovin ve finančním objemu 7,5 mld. €. Přestože věrohodnost těchto odhadů není ve zprávě nijak analyzována, autoři extrapolují tyto hodnoty na celou prioritu životního prostředí a tvrdí, že obchodní obrat inovací dosažených v celé této prioritě dosáhne 20 mld. € a úspora energie a surovina pak ve finančním vyjádření bude v rozmezí 30–100 mld. €.

Zpráva neinterpretuje tyto odhady ve smyslu „dobře investovaných veřejných prostředků“, nýbrž naopak shrnuje, že společenský a ekonomický dopad těchto inovací nedosahuje potenciálu, který priorita Životní prostředí se svým rozpočtem měla mít.

Zpráva má obsáhlé dodatky s podrobným seznamem analyzovaných projektů, s analýzami účasti vycházejícími z údajů databáze e-Corda (ze které čerpaly všechny analýzy uveřejněné v ECHU). Ty např. ukazují, že účastnická úspěšnost ČR v této prioritě je 17,9 % (zatímco průměrná úspěšnost EU-28 je 22,2 %), přičemž 13 členských států má ještě nižší úspěšnost než ČR. Čeští koordinátoři byli zcela neúspěšní. Jsou uvedeny výsledky vícerozměrné regrese, jejímž prostřednictvím autoři hledali, jaké faktory rozhodují o vysoce hodnocených publikacích, patentech atd.

Třináct z 90 podrobně hodnocených projektů je dle expertů možno považovat za mimořádné z hlediska přínosu k inovacím. V jednom z těchto projektů (AquaFit4Use) se účastnily i dva české podniky.

**Podpora politik** byla jedním ze základních cílů priority ŽP, ale je nutné si uvědomit, že mezi cíli výzkumníků a politiků existují zásadní rozdíly. Zatímco politici pracují v krátkých časových obdobích, vyžadují stručné výtahy poskytující náhled na aktuální problém, časový rámec práce výzkumníků může od přípravy návrhu po závěrečnou zprávu vyžadovat 5 či více let. Navíc jsou požadavky politiků často nereálné interdisciplinární povahy. V ideálním případě by měl být výstupem projektu nástroj na podporu rozvoje a implementaci politik, ale ve skutečnosti je vliv výzkumu spíše nepřímý. Hodnocení reálného vlivu projektů je obtížné vzhledem k chybějícímu systému monitorování takových dopadů. Většina projektů orientovaných na podporu politik byla předkládána jako CSA (koordináční a podpůrné akce), ale ne všechny přinesly očekávané výsledky. Naopak



*Téma životního prostředí je stále častěji spojováno s problematikou klimatických změn a jejich možných důsledků. Viditelným signálem změn je i ubývání ledovců, a to nejen v polárních oblastech. Fotografie je z vnitrozemského ledovce v Norsku, kde je sledováno jeho ubývání. V terénu je na odhaleném skalním masivu vyznačena (a na fotografii graficky zvýrazněna) linie čela ledovce ze září roku 1989. Od té doby ledovec ustoupil o několik desítek metrů.*

Foto B. Koč

několik výzkumných projektů spolu s vynikajícími vědeckými výsledky přineslo i rozsáhlé politicky relevantní výstupy. Jedná se kupříkladu o projekt EUCLIPSE, v jehož rámci vznikla zpráva pro politiky shrnující dopady projektu na rozhodování v oblasti klimatu a projekt sám dal vzniknout nové mezinárodní vědecké iniciativě v oblasti klimatu (*Grand Challenge on Clouds, Circulation and Climate Sensitivity*). Zdá se tedy, že oddělování projektů excelentního výzkumu a výzkumu na podporu politik pomocí různých nástrojů není vždy nutné a úspěšné. Projekty přinesly vědecká fakta využitelná pro potřeby politiků v oblasti Klimaticko-energetického balíčku, Směrnice o povodních, Sdělení o řešení problému nedostatku vody a sucha, Environmentálního akčního plánu, Akčního plánu k environmentálním technologiím atd. Silnou podporou byl příspěvek mezinárodním iniciativám jako *IPCC, Global Earth Observation System of Systems (GEOSS)*, BDC. Úspěšnými projekty v tomto smyslu byly například CLIMRUN, ECLISE, TESS, PALCHEBEL.

Přímý dopad na podobu evropské výzkumné krajiny mají projekty typu ERA-NET díky posílené spolupráci národních výzkumných programů a vypisování

výzev komplementárních k výzvám rámcových programů. Úspěšným příkladem může být projekt BONUS, zaměřený na provázanost environmentálních programů v oblasti Baltského moře.

## CO ZLEPŠIT?

Zpráva přichází s celým spektrem doporučení. Na prvním místě experti konstatovali, že by EK měla vyvinout systém založený na vhodných indikátorech, který by sledoval dopady projektů na kvalitu výzkumu, na relevantní politiky, na inovace a napomohl jejich navýšení. Zde nezbývá než připomenout, že se stejným doporučením přišla před šesti lety konference EUFORDIA 2009, kterou během českého předsednictví EU pořádala ČR ve spolupráci s EK. Zpráva dále doporučuje, aby EK hrála aktivnější roli v průběhu monitorování (které by mělo pokračovat i po skončení projektů) a projektoví úředníci by měli udržovat pravidelný kontakt s řešiteli a „doladovat“ směřování projektu v souladu s požadavky výzvy. Velký potenciál dosáhnout hmatatelných výsledků a odpovědět na tlak EK na posílení inovací mají konsorcia, v nichž spolupracují MSP, průmysloví partneři a výzkumné organizace. Účast malých firem, které jsou schopny vyvíjet pokročilé technologie, by měla být zvýšena účastí velkých podniků, které mají kapacitu integrovat takové inovace a využít je ve velkém měřítku. Experti považují za důležité také posílení kontaktů EK s finančními investory.

Zpráva konstatuje, že řešené projekty mají menší dopad na politiky v oblasti životního prostředí, než se očekávalo. Význam projektů pro politiku není přímý, nové poznatky odvozené v projektech jsou nejprve využity „prostředníky“ (Společným výzkumným centrem JRC, Evropskou environmentální agenturou, think-tanky atd.) a teprve následně se promítnou do politik. Vhodné by bylo založení tematických platforem propojujících vědu a politiku k výměně vhodných postupů zacílených na urychlení implementace směrnic v oblasti ŽP. V oblasti životního prostředí (kde jsou chování a zájmy společnosti zásadní například pro úspěch preventivních a ochranných opatření) je rovněž důležité zapojení veřejnosti, nevládních organizací apod.

Zpráva by rozhodně neměla uniknout pozornosti zdejších odborných kruhů. Celá zpráva je k dispozici na <http://bookshop.europa.eu/en/ex-post-evaluation-of-fp7-cooperation-programme-theme-environment-including-climate-change-pbK10614224/>

JANA ČEJKOVÁ,  
TECHNOLOGICKÉ CENTRUM AV ČR.  
ČEJKOVA@TC.CZ

