Příloha č. 1 - **Technická specifikace**

**Technická specifikace**

**Systém pro laboratorní optickou (2D) diagnostiku spalovacích procesů**

# Předmět dodávky

Předmětem je dodávka komplexního měřicího systému pro optickou diagnostiku spalovacích procesů, včetně hardware (laserový systém, kamera, optické moduly, senzorové jednotky), software pro ovládání a vyhodnocování dat, technické podpory, školení a servisního zajištění. Systém bude využíván pro výzkumné účely zaměřené na zkoumání a diagnostiku plamenů a spalovacích procesů v laboratorních podmínkách. Typický rozměr zkoumaného prostoru je 200 x 200 x 500 mm.

Je požadováno, aby dodaný systém umožnil provádět a následně vyhodnocovat kombinované experimenty s postupným využitím níže zmíněných metod pro charakterizaci chemicky reaktivního prostředí laminárního či turbulentního plamene.

Systém musí umožnit detekovat a měřit prostorově (2D) rozlišené koncentrace minimálně následujících reaktivních sloučenin metodou laserem indukované fluorescence (LIF):

* OH (Hydroxyl radikál)
* CH (Methyl radikál)
* HCHO (Formaldehyd)

Systém musí také umožňovat simultánně snímat (a následně určovat) koncentrační pole stabilních plynných molekul (N2, O2, CO, CO2, H2O) pomocí Ramanovy spektroskopie.

Systém musí zároveň umožnit měření lokální teploty, resp. teplotních polí v prostředí plamene pomocí metody Rayleighova rozptylu.

Software umožňující zpracovávat nasnímaná výše uvedená teplotní a koncentrační pole a tyto kvantifikovat. Software pro měření a zpracování dat metodou Ramanova rozptylu musí být plně integrován do softwarové platformy celého systému pro měření metodou LIF. Software musí obsahovat databázi pro širokou škálu komponent pro kompenzaci měnicích se vlastností plynu, zejména pro aplikace v reaktivních prouděních. Struktura databáze musí být otevřená, aby umožňovala rozšíření dat.

Modulární platforma: S možností rozšíření o BOS (Background oriented Schlieren), popř. LII (Laser Induced Incandescence) nebo PIV (Particle Image Velocimetry).

# Technická specifikace požadovaného systému

## Laserové systémy pro měření LIF (laserem indukované fluorescence), Rayleighova a Ramanova rozptylu

### Barvičkový laser

* Laditelný pulzní barvičkový laser s rozsahem laditelnosti minimálně 370 až 620 nm nebo větším.
* Výstupní energie: Minimálně 6,5 mJ na 226 nm a 45 mJ na 390 nm.
* Barvičkový laser musí být plně ovladatelný pomocí dodaného ovládacího a vyhodnocovacího softwaru, viz bod D.

### Čerpací laser

* Výbojkou čerpaný Nd:YAG laser
* Minimální výstupní pulzní energie: 1000 mJ na 1064 nm, 600 mJ na 532 nm, 320 mJ na 355 nm.
* Průměr paprsku: < 10 mm
* Opakovací frekvence: 10 Hz
* Čerpací laser musí být plně ovladatelný pomocí dodaného ovládacího a vyhodnocovacího softwaru, viz bod D.

### Příslušenství k laseru

* Elektronicky ovládaná clona:
* Clona musí být plně ovladatelná pomocí dodaného ovládacího a vyhodnocovacího softwaru, viz bod D.
* Monitor energie laseru pro metodu LIF
* Monitor energie laseru umožňuje v reálném čase monitorovat a nahrávat do softwaru energii každého laserového pulzu. Informace o energii laserového pulzu pomáhá výrazně zlepšit přesnost naměřených dat při zpracování softwarem.
* Monitor energie laseru musí být kompatibilní s dodaným ovládacím a vyhodnocovacím softwarem, viz bod D)

## Kamerový a detekční systém

### Kamera

* Typ: CMOS s rozlišením min. 1900 x 1200 pixelů.
* Velikost pixelů: min. 5,5 x 5,5 µm
* Digitální převod: Min. 12 bitů.
* Nejkratší čas expozice: < 40 µs
* Rychlost snímání: 155 fps (8 bit).
* Kamera musí být plně ovladatelná pomocí dodaného ovládacího a vyhodnocovacího softwaru, viz bod D.

### Modul pro zvýraznění obrazu

* Samostatný intenzifikátor obrazu včetně ovládací elektroniky
* Vstupní apertura fotokatody/intenzifikátoru: průměr 25 mm
* Nejkratší doba otevření intenzifikátoru: < 10 ns
* Provoz v oblasti vlnových délek: < 270 nm do > 720 nm
* Kvantová účinnost fotokatody v maximu: > 40%
* Typ fosforové obrazovky fotokatody: P43
* Možnost připojit k CCD nebo CMOS kamerám pomocí adaptéru C-Mount
* Možnost připojit objektivy s adaptéry F-Mount nebo C-mount
* Modul pro zvýraznění obrazu musí být plně ovladatelný pomocí dodaného ovládacího a vyhodnocovacího softwaru, viz bod D.

### Zobrazovací spektrograf pro Ramanův rozptyl

* Konstrukce spektrografu musí kompletně eliminovat optický astigmatismus.
* Polohovatelný držák mřížek obsahující montáž pro tři mřížky
* Mřížky jsou měnitelné pomocí ovládacího softwaru
* Obsahuje 3 ks vhodných mřížek pro Ramanovské experimenty.
* Ohnisková vzdálenost: > 300 mm.
* Spektrální rozlišení: lepší než 0,08 nm.
* Velikost mřížek: min. 65 x 65 mm
* Zobrazovací spektrograf musí být plně ovladatelný pomocí dodaného ovládacího a vyhodnocovacího softwaru, viz bod D.

## Optické prvky a filtry

### Kamerový objektiv

* Objektiv musí být kompatibilní s kamerou a modulem pro zvýraznění obrazu, viz bod B.
* Objektiv musí být použitelný v UV, viditelné a NIR oblasti spektra, min. od 220 – 900 nm
* Ohnisková vzdálenost objektivu > 90 mm a < 110 mm
* Světelnost objektivu je rovná nebo lepší než f/2.8
* Pracovní vzdálenost objektivu: min. 45 cm až nekonečno

### Optika pro generování laserového řezu

* Nastavitelná minimálně pro 2 divergence
* Nastavitelné ohnisko minimálně v rozsahu 300 mm - 2000 mm
* Rozsah vlnových délek min 266 nm až 532 nm
* Adaptér pro vytváření kolimovaného řezu o výšce min. 50 mm z divergenčního řezu

### Sada optických filtrů

* Filtry potřebné pro monitorování LIF reaktivních sloučenin OH, CH, HCHO
* Filtry potřebné pro měření chemiluminescence radkálů OH\* a CH\*
* Filtr potřebný pro měření Ramanova rozptylu
* Všechny filtry musí být kompatibilní s objektivem kamery.

### Polarizační optika pro Rayleighův a Ramanův rozptyl.

* Elektronicky ovládaný rotátor polarizace pro zvýšení účinnosti Rayleighova a Ramanova rozptylu.
* Rotátor polarizace musí být plně ovladatelný pomocí dodaného ovládacího a vyhodnocovacího softwaru, viz bod D.

## Software pro záznam, analýzu a vyhodnocení dat

Plně integrovaný software, který umožňuje ovládat všechny hardwarové součásti systému, zaznamenávat a nahrávat naměřená data a obraz a vyhodnocovat naměřená data. Je vyžadován jeden software pro metody LIF, Rayleighovu termometrii a Ramanův rozptyl, aby bylo možné provádět kombinované experimenty s využitím všech metod.

Software musí minimálně umožňovat:

* Ovládání hardwaru a řízení experimentu:
* Plně řídit a ovládat laditelný barvičkový laser a čerpací Nd:YAG laser
* Umožnit měření, při němž je přelaďována vlnová délka barvičkového laseru v předem definovaném rozsahu
* Řídit a ovládat závěrku (shutter) čerpacího laseru
* Plně řídit a ovládat laserový systém pro LIF, Rayleighovu termometrii a Ramanův rozptyl, včetně motorizované clony.
* Software musí zajišťovat plnou ovladatelnost veškerého hardwaru.
* Funkce softwaru pro vyhodnocování naměřených dat:
* Software musí podporovat sběr, analýzu a vyhodnocování dat pro experimenty typu LIF, Rayleighova termometrie a Ramanův rozptyl.Software musí umožnit interaktivní zpracování obrazových signálů s okamžitým zobrazením výsledků v reálném čase
* Software musí umožňovat skenování vlnové délky barvičkového laseru s automatickou detekcí požadované nejoptimálnější vlnové délky pro dosažení maximální intenzity signálu LIF
* Některé měřicí metody jsou velmi citlivé na lokální energii laserových pulzů (např. LIF, Rayleighova termometrie). Vzhledem k tomu, že energie v laserovém řezu není ve všech místech konstantní, musí software umět tento vliv při vyhodnocování kvantifikovat a automaticky kompenzovat.
* Software musí umožňovat kompenzaci případného nehomogenního osvětlení vzorku.
* Software musí umět vypočítat a kvantifikovat nepřesnosti a chyby, které vznikají při měření,
* Software musí obsahovat kalibrační dialog a rutiny pro převod měřených hodnot intenzity a poměrů do fyzikálních jednotek.
* Softwarový modul pro zpracování vícerozměrných obrazových dat a analýzu časových řad.
* Kalibrační modul: Podpora pro kalibraci systému v kombinaci s Ramanovými spektry.
* Software pro zpracování Ramanových dat a určení koncentrací plynů v reálném čase.
* Simultánní měření více plynů včetně (O2, N2, CO2, CO, H2O, popř. dalších).
* Software pro zpracování dat z Ramanova rozptylu musí obsahovat databázi plamenů s různým složením pro rychlou a precizní analýzu.
* Softwarový modul pro měření teplotního pole spalovacích procesů pomocí Rayleighovy termometrie.
* Softwarový modul pro Rayleighovu termometrii musí obsahovat databázi Rayleighových průřezů sloučenin pro korekci měřených hodnot plynných směsí
* Všeobecné funkce:
* Software musí umožňovat export naměřených dat také do programů Matlab a Tecplot
* Software musí umožňovat import obrazových a video formátů také typu BMP, PNG, JPG, TIF, AVI
* Software musí obsahovat možnost programování vlastních vyhodnocovacích postupů pomocí makra
* Software musí obsahovat možnost přiřazení kompletní sady parametrů daného experimentu ke každému naměřenému obrazu.

## Systémová integrace

* Synchronizační jednotka: Pro synchronizaci kamer, laserů a dalších zařízení v systému.
* Kompatibilita: Všechny komponenty musí být plně kompatibilní a integrované v systému pro efektivní měření a analýzu.

# Servisní podpora a školení

* Školení: Minimálně 3 dny školení na místě zákazníka.
* Technická podpora: Vzdálená technická podpora přes web/email po dobu běhu záruky