

## Laboratorio Diagnostica laser per la combustione

**Il laboratorio Diagnostica laser per la combustione è dedicato all'applicazione di tecnologie sperimentali, di tipo non invasivo, per studio, caratterizzazione e controllo di processi di combustione. Dispone sia delle competenze teoriche di fluidodinamica e chimica della combustione sia delle capacità sperimentali per lo sviluppo di tecnologie diagnostiche per la caratterizzazione termo-fluidodinamica e chimica di processi e dispositivi.**

**Potenziali utenti: operatori del settore energetico; enti di ricerca pubblici e privati; università.**

Le diagnostiche sono finalizzate alla ottimizzazione energetica e ambientale dei processi di combustione. Sono possibili misure ad alta risoluzione, sia spaziale sia temporale, di velocità, temperatura e specie chimiche, anche in condizioni di combustione turbolenta, tipica dei sistemi industriali, nonché l'analisi della stabilità di combustione. Vengono utilizzate sorgenti laser esterne, ove non sia analizzata direttamente l'emissione ottica della fiamma stessa, nel visibile e nell'ultravioletto. La remotizzazione del punto di misura grazie all'uso di elementi ottici (specchi, fibre ottiche ecc.) permette di superare i problemi di

Segnale ottico di spettroscopia CARS, in funzione della frequenza (o energia), per la molecola di idrogeno. I segnali sono in corrispondenza biunivoca con la temperatura del gas (riportata in gradi Kelvin), per questo motivo la tecnica si presta particolarmente a misure termometriche nelle fiamme

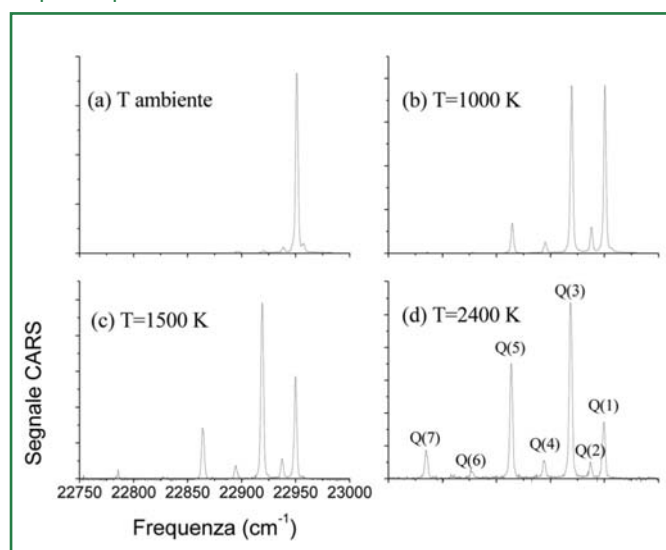


Foto in alto: particolare di attrezzature per le diagnostiche

accesso. In relazione alla tecnica impiegata, si impone il prelievamento del segnale tramite accessi che possono raggiungere dimensioni minime dell'ordine del  $\text{mm}^2$ . La tendenziale portabilità delle diagnostiche rende possibile la sperimentazione su facility ENEA o di partner.

Le tecniche di misura possono essere classificate in tre macro aree:

#### Termometria

- Diffusione di Rayleigh: consente di ottenere mappe bidimensionali di temperatura.
- Diffusione di Raman e CARS (Coherent Anti-Stokes Raman Scattering): rende possibili misure di tipo puntuale della temperatura.

#### Rilevazione di specie chimiche:

- Chemiluminescenza: emissione spontanea di luce da parte di specie radicaliche come OH e CH.
- LIF (Laser Induced Fluorescence): consente di ottenere immagini bidimensionali dell'emissione di fluorescenza delle principali specie radicaliche OH, CH,  $\text{C}_2$ , CN, NH.
- Diffusione Raman: permette la rilevazione simultanea di più specie chimiche quali azoto, ossigeno, acqua e i principali idrocarburi (metano, etano, propano, butano, acetilene, benzene ecc.).
- Metodi non lineari tipo CARS, DFWM (Degenerate Four-Wave Mixing) o PS (Polarization Spectroscopy) per misure di temperatura e concentrazione di specie chimiche.

#### Velocimetria

- LDA (Anemometria Laser Doppler): consente la determinazione locale della velocità e turbolenza del fluido.
- PDA (Phase Doppler Anemometry): consente la caratterizzazione dimensionale di particelle insemi nanti (tipicamente bolle, gocce, particelle).
- PIV (Particle Image Velocimetry): consente di ottenere il campo vettoriale bidimensionale di velocità di un fluido.

Si cita infine il "sistema ODC<sup>®</sup>", strumento ottico brevettato da ENEA per il monitoraggio delle condizioni operative di combustori e l'identificazione in tempo reale di fenomeni precursori di instabilità; può essere usato come sensore in loop di controllo per limitare le instabilità del sistema e aumentarne l'efficienza; è utilizzabile in ambienti aggressivi, ad alta temperatura, in condizioni di pressione anche elevata.

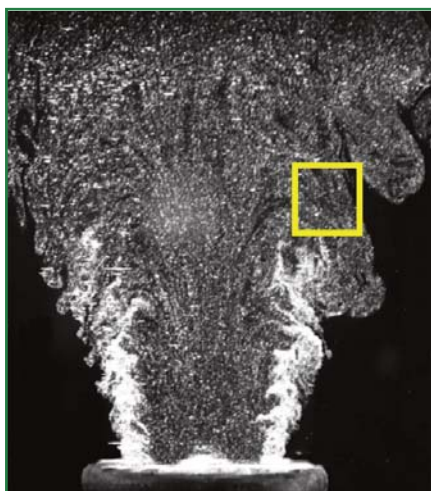
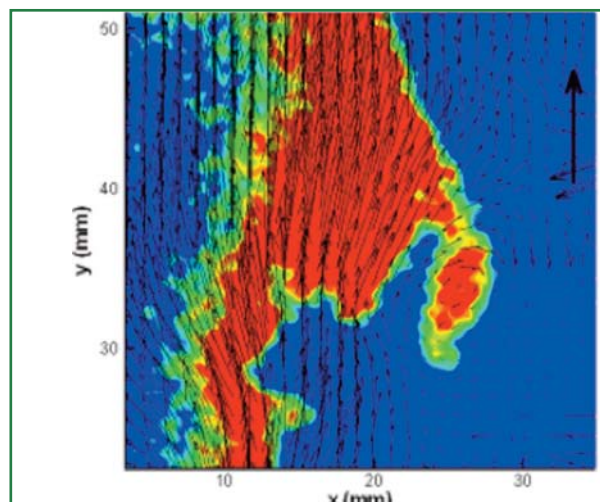


Immagine di una fiamma turbolenta insemi nantata con tracciante. La variazione di densità del tracciante è determinata dal fronte di fiamma (le zone a minor densità corrispondono ai reagenti; quelle a maggior densità indicano l'avvenuta combustione)



Particolare della zona in riquadro con sovrapposizione tra il campo di velocità (vettori) e quello di concentrazione di una specie chimica (radicale OH) che individua il processo di combustione (falsi colori)