

Unità Tecnica
Sviluppo di Applicazioni
delle Radiazioni



Technical Unit
for the Development of
Applications of Radiation

ENEA

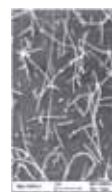
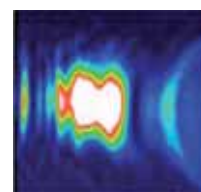
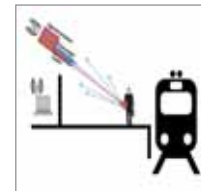
Finalità e obiettivi

L'Unità Tecnica Sviluppo di Applicazioni delle Radiazioni (UTAPRAD) dell'ENEA svolge attività di ricerca, innovazione e trasferimento tecnologico in ambiti della fisica applicata rilevanti per l'optoelettronica, la fotonica e la sensoristica, seguendo i principi dello sviluppo economico sostenibile. La strategia segue la vision di HORIZON 2020.

L'Unità investe con eccellenze nello sviluppo di:

- sensori laser per diagnostiche e metrologia ottica nei settori della *security* e della tutela dell'ambiente e dei beni culturali;
- acceleratori di elettroni e di protoni in collaborazione con l'Università, l'Industria e il settore medico;
- laser a elettroni liberi e sorgenti di radiazione, dai raggi x al lontano infrarosso e alla regione spettrale dei Terahertz, di interesse per l'industria, per i settori bio-medico, ambientale e dei beni culturali;
- micro e nano tecnologie per la produzione di materiali funzionali e dispositivi miniaturizzati (emettitori di luce e rivelatori, reticoli di Bragg in fibre ottiche) di interesse per telecomunicazioni, rivelazione di particelle e radiazione, produzione di energia e imaging bio-medico.

I principali finanziamenti internazionali (EU, NATO) e nazionali (MIUR, MSE, Regione Lazio) riguardano: sensoristica per *security* e protezione civile; strumentazione per diagnostica bio-medica e terapia; nano e micro tecnologie per l'industria e l'energetica.



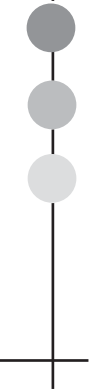
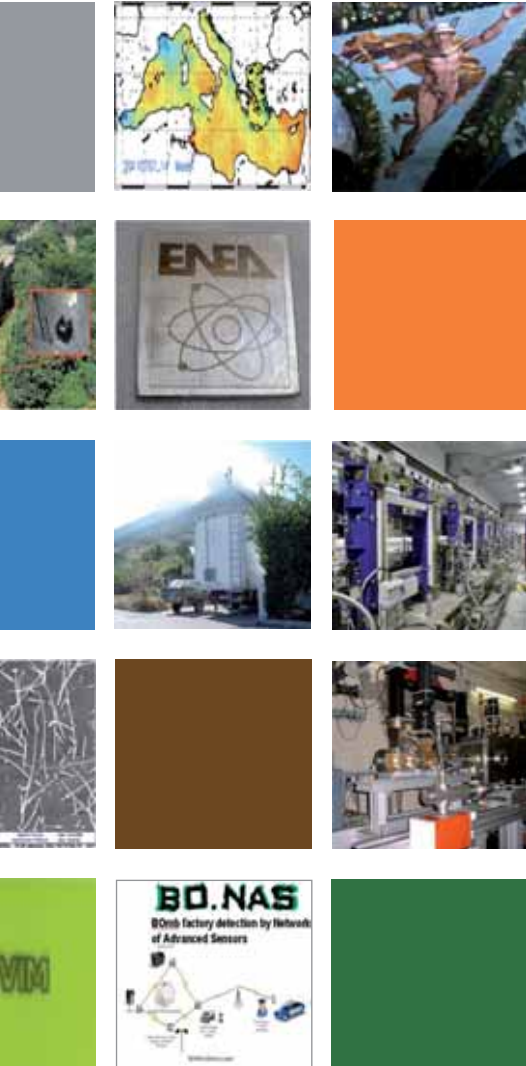
Mission

The ENEA Technical Unit for the Development of Applications of Radiation (UTAPRAD) carries out research, innovation and technology transfer in applied physics, particularly important for optoelectronics, photonics and sensoristics, in compliance with the principles of sustainable economic development. Its strategy follows the HORIZON 2020 vision.

The Unit invests on excellence skills for the development of:

- laser sensors for diagnostics and optical metrology in the fields of security, environmental protection and cultural heritage preservation;
- electron and proton accelerators in collaboration with universities, industries and the medical community;
- free-electron lasers and radiation sources - from x rays to far infrared, and Terahertz spectrum region - for industry, bio-medicine, the environment and cultural heritage;
- micro- and nanotechnologies to produce functional materials and miniaturized devices (light emitters and detectors, fiber optic Bragg gratings) for telecommunications, particle and radiation detection systems, energy production and bio-medical imaging.

The major international (EU, NATO) and Italian (MIUR, MSE, Lazio Region) funds are being invested for: sensoristics for security and civil protection; equipment for biomedical diagnostics and therapy; nano- and microtechnologies for industry and energetics.



Attività di ricerca

Sensori per la security

Nel settore della *security* a protezione dei cittadini l'Unità contribuisce con lo sviluppo di sensori per la rilevazione, sia in prossimità sia a distanza, di tracce di sostanze sospette, pericolose e illecite, e di loro precursori di interesse CBRNE. L'Unità implementa tecnologie laser e relative tecniche spettroscopiche quali:

- Spettroscopia laser Raman, per la rivelazione *in loco* o a distanza di tracce di sostanze in ambienti a elevato transito (aeroporti, metropolitane ecc.) operanti in condizioni di sicurezza;
- LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy), per riconoscimento locale e a breve distanza di elementi in tracce;
- Spettroscopia laser fotoacustica IR, per monitoraggio e riconoscimento sostanze pericolose (esplosivi e droghe) in fase vapore;
- LIDAR/DIAL (Differential Absorption Lidar), per riconoscimento a distanza di sostanze gassose precursori di esplosivi o droghe;
- LIDAR fluorosensori, basati su spettroscopia LIF (Laser Induced Fluorescence), per riconoscimento a distanza di sostanze di interesse forense in casi di analisi della scena del crimine o dopo esplosioni;
- Sensore laser scanning Remote Viewing subacqueo, per l'analisi strutturale tridimensionale in ambienti ostili (impianti nucleari).

Le ricerche sono finanziate nell'ambito dei programmi EU FP7, NATO SFP e EDA. L'Unità partecipa a gruppi di lavoro nazionali e network di eccellenza europei.



Research Activities

Security Sensors



The Unit contributes to citizens' protection security by developing sensors for close and remote detection of traces of suspicious, dangerous and illicit substances, and their CBRNE precursors. The Unit implements laser technologies and related spectroscopic techniques such as:

- *Raman laser spectroscopy, for on-site or remote detection of substances in high transit environments (airports, subways etc.) under security conditions;*
- *LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy), for local and close detection of trace elements; IR-laser photoacoustic spectroscopy for monitoring and detection of vapour dangerous substances (explosives and drugs);*
- *LIDAR/DIAL (Differential Absorption Lidar), for remote detection of gas explosives and drugs precursors;*
- *LIDAR fluorosensors, based on LIF (Laser Induced Fluorescence) spectroscopy, for remote detection of forensic substances in case of crime scene or post explosion analysis;*
- *Underwater laser scanning/Remote Viewing sensor, for 3D structural analysis in hostile environments (nuclear plants).*

Research is funded under EU FP7, NATO SFP and EDA programmes. The Unit participates in Italian work groups and European excellence network.



Attività di ricerca

Sensori per la diagnostica ambientale

L'Unità è attiva nello studio dei fenomeni correlati ai cambiamenti climatici, nella valutazione dello stato di ecosistemi marini o terrestri su larga scala e nell'analisi dell'atmosfera, con strumentazione sviluppata *ad hoc*, adatta anche all'esplorazione planetaria. In particolare l'Unità implementa e impiega tecnologie e sensori quali:

- LIDAR fluorosensore, per analisi, a distanza e in tempo reale, di sostanze organiche (naturali e inquinanti) disciolte e particolato (fitoplancton) sulla superficie marina;
- spettrometria laser e LED con rivelazione LIF, per analisi sottomarine anche in situ di sostanze organiche disciolte e particolato;
- citometria laser a scansione, per analisi della taglia e classificazione dei pigmenti presenti nel fitoplancton marino;
- LIDAR/DIAL atmosferico, per analisi di composti gassosi naturali o emessi da vulcani, allo scopo di allertare la protezione civile ed eventualmente prevenire eruzioni piroclastiche;
- Spettroscopia LIBS/Raman/LIF semiremota da sonde, per prospezioni geologiche anche sottomarine ed esplorazione planetaria.

Le attività sono finanziate da progetti europei EU FP7 ed ERC, programmi nazionali del MIUR (progetto bandiera RITMARE, oceanografia nell'ambito del programma nazionale di ricerca in Antartide), accordi con il Ministero degli Affari Esteri e cooperazioni internazionali bilaterali.



Research Activities

Sensors for Environmental Diagnostics

The Unit studies all phenomena related to climate change, makes assessments of the state of marine or terrestrial ecosystem on a large scale, and makes analysis of the atmosphere using ad hoc facilities, also suitable for planetary exploration. Particularly, the Unit implements and makes use of the following technologies and sensors:

- *LIDAR fluorosensor, for remote and real-time analysis of organic (natural and contaminants), dissolved substances and particulate matter (phytoplankton) on the sea surface;*
- *laser spectrometry and LED with LIF detection, for underwater and on-site analysis of dissolved, organic substances and particulate matter;*
- *laser scanning cytometry, for size analysis and classification of the pigments present in marine phytoplankton;*
- *atmospheric LIDAR/DIAL, for the analysis of natural or volcanic gas compounds, in order to alert civil protection and, possibly, prevent pyroclastic eruptions;*
- *semi-remote LIBS/Raman/LIF probe spectroscopy, for geological and underwater prospecting and planetary exploration.*

Activities are funded under EU FP7 and ERC projects and the Italian Ministry of Research (MIUR) programmes (the RITMARE flagship project, oceanography within the framework of the Italian National Antarctic Research Programme), agreements with the Italian Ministry of Foreign Affairs (MAE), and international bilateral cooperation programmes.



Attività di ricerca

Sensori per la diagnosi e fruizione dei beni culturali

L'Unità ha una lunga tradizione nello sviluppo e nell'applicazione di tecnologie laser e relative tecniche spettroscopiche per la diagnostica non invasiva sui Beni Culturali e nel Restauro, ad esempio per valutare danni strutturali e deterioramento delle superfici, indicare i ritocchi precedenti e seguire l'evoluzione di quelli più recenti. L'Unità sviluppa sensori ai limiti dello stato dell'arte per analisi a distanza di grandi aree dipinte o affrescate e indagini di reperti sottomarini. Le tecnologie impiegate sono:

- laser scanning a tre colori Imaging Topological Radar, per realizzare immagini tridimensionali a elevata qualità di grandi superfici (Cappella Sistina ultima recente scansione);
- LIF a scansione iperspettrale, per analizzare lo stato di dipinti o affreschi musivi, anche su larghe aree, evidenziandone difetti, ritocchi e aggressioni in corso da agenti fisici o chimici;
- LIBS, per determinare la composizione reperti (ceramiche, bronzi, vetri), inclusa la presenza in tracce di elementi di particolare importanza, e stabilire origine e periodo dell'artefatto;
- Laser scanning Remote Viewing in Underwater Environment, per ricostruzione tridimensionale sottomarina.

Le attività sono finanziate nell'ambito di programmi europei EU FP7 e nazionali (MIUR), di accordi con il MAE e di cooperazioni con partner operanti nel recupero e restauro dei Beni Culturali (sovrintendenze).



Sensors for Cultural Heritage Diagnostics and Fruition



The Unit has a long tradition of development and application of laser technologies and related spectroscopic techniques of non-invasive diagnostics for cultural heritage and restoration, to be used, for instance, for assessing structural damage and surface deterioration, identify previous touch-ups and follow the progress of the latest ones. The Unit develops sensors at the limits of the state of the art for remote analysis of large painted areas or frescoes and surveys of underwater artefacts. The implemented technologies are:

- Imaging Topological Radar three-colour laser scanning, to develop high-quality 3D imaging of large surfaces (latest Sistine Chapel scanning);
- hyperspectral scanning LIF, to analyze the state of museum paintings or frescoes, even on large areas, pointing out their possible defects, touch-ups and ongoing attacks by physical or chemical agents;
- LIBS, to determine the composition of artefacts (ceramic, bronze, glass), including the presence of particularly significant trace elements, and identify the artefact age;
- Remote Viewing laser scanning in Underwater Environment, to obtain a 3D underwater view.

Activities are funded under EU FP7 programmes, Italian national programmes of the Italian Ministry of Research (MIUR), agreements with the Italian Ministry of Foreign Affairs (MAE), and cooperation activities with partners working with recovery and restoration of cultural heritage.



Attività di ricerca

Fotonica e nanotecnologie

L'Unità svolge attività di R&S nelle tecnologie abilitanti della fotonica e nanotecnologie mediante realizzazione, caratterizzazione e funzionalizzazione di nanostrutture e micro-dispositivi innovativi per la fotonica, con applicazioni scientifiche e industriali, utilizzabili in sistemi di produzione dell'energia, dal nucleare alle rinnovabili. In particolare:

- sviluppo di processi di crescita di nanostrutture di Si e caratterizzazione di interfacce con spettroscopia elettronica, con applicazioni nelle tecnologie di celle solari e sistemi di accumulo;
- sintesi di nanopolveri assistita da laser; caratterizzazione morfologica, fisico-chimica e spettroscopica anche mediante tecniche ultraveloci; analisi delle proprietà funzionali quali biocompatibilità, luminescenza in vivo e in vitro, conducibilità;
- realizzazione e caratterizzazione di rivelatori di radiazione innovativi a film sottile di materiali isolanti (LiF) e organici (Alq_3 , TPD), anche per diagnostica bio-medica;
- sviluppo di dispositivi a stato solido miniaturizzati emettitori di luce, quali OLED, laser e amplificatori in configurazione di guide d'onda, microcavità ottiche e reticoli distribuiti;
- studio delle proprietà di nanotubi di carbonio con spettroscopia Raman, applicata anche a elementi in tracce con substrati nanostrutturati (SERS).

Le attività sono finanziate tramite EU FP7 e progetti di ricerca MIUR e MSE.



Research Activities

Photonics and Nanotechnologies



The Unit performs R&D in the key enabling technologies of photonics and nanotechnologies through the development, characterization and functionalization of innovative nanostructures and micro-devices for photonics, with scientific and industrial applications which can be used in energy production systems, from nuclear to renewable. In particular:

- development of Si nanostructures growth processes and interface characterization by electronic spectroscopy, with applications in solar cell technologies and storage systems;
- laser-assisted nanopowder synthesis; morphological, physico-chemical and spectroscopic characterization even by ultrafast techniques; analysis of functional properties such as biocompatibility, in vivo and in vitro luminescence, conductivity;
- development and characterization of innovative thin-film radiation detectors of isolating (LiF) and organic (Alq₃, TPD) materials, also for biomedical diagnostics;
- development of solid-state devices, miniaturized light emitters, e.g., OLED, lasers and waveguide amplifiers, optical microcavities and distributed gratings;
- study of carbon nanotubes by Raman spectroscopy, also applied to trace elements with nanostructured substrates (SERS).

Activities are funded under EU FP7 programmes and MIUR and MSE research projects.



Attività di ricerca

Sistemi di sensori distribuiti in fibra ottica

L'Unità sviluppa sistemi di sensori distribuiti in fibra ottica per applicazioni che vanno dalla geotecnica alla fisica nucleare, realizzando sia nuove tipologie di sensori sia soluzioni innovative basate su sensori di uso consolidato. In particolare le attività riguardano:

- misura in tempo reale di parametri critici per il funzionamento di apparecchiature ad alta tecnologia, quali rivelatori di particelle elementari per esperimenti al CERN (collaborazione con INFN) e macchinari medicali per trattamenti oncologici (collaborazione con Università Campus Bio-Medico di Roma);
- monitoraggio dello stato di integrità strutturale delle grandi opere di ingegneria civile e geotecnica, quali il complesso sportivo Città dello Sport di Roma con sensori inglobati permanentemente nei solai in cemento armato (collaborazione con Università di Roma Tor Vergata) e il complesso archeologico monumentale delle Mura Aureliane in Roma con sensori installati sulle pareti lesionate in torri e camminamenti di ronda (collaborazione con Sovraintendenza ai Beni Culturali del Comune di Roma);
- sviluppo innovativo di sistemi industriali, operato collaborando con imprese private interessate a sostituire tecnologie tradizionali con tecnologia in fibra ottica, quali un sistema di pesatura dinamica che presenta notevoli possibilità di impiego, a livello diffuso, nel mercato di riferimento.



Research Activities

Fiber-Optic-Distributed Sensing Systems

The Unit develops fiber-optic distributed sensing systems for applications ranging from geotechnique to nuclear physics, thus creating new sensor typologies and innovative sensor-based solutions of consolidated use. In particular, activities are related to:

- real-time measurements of parameters critical to the operation of high-tech facilities, such as elementary particles detectors used for testing at CERN (in collaboration with INFN) and medical equipment for cancer treatment (in collaboration with Campus Bio-Medico University of Rome);
- monitoring of the structural integrity of large civil and geotechnical engineering works, such as the sports complex Città dello Sport in Rome, with sensors permanently embedded in the reinforced concrete floors (in collaboration with Tor Vergata University of Rome), and the archaeological complex of the Aurelian Walls in Rome, with sensors installed into the cracked walls of towers and patrol walkways (in collaboration with the Superintendence of Cultural Heritage of Rome's Municipality);
- innovative development of industrial systems, in collaboration with private enterprises interested in replacing traditional technologies with fiber-optic ones, such as a dynamic weighting system, which can be widely used in a high number of applications in the relevant reference market.



FEL: dai raggi x alla regione del Terahertz Sperimentazione e modellistica

L'Unità conduce attività sperimentali concernenti i laser a elettroni liberi (FEL) e sviluppa modelli, codici di calcolo e interi laboratori virtuali per gli studi correlati. Sviluppa anche apparecchiature di importanza cruciale per ricerche industriali e in bio-medicina:

- FEL a raggi x, per femtochimica, imaging di proteine singole, studi strutturali di sistemi biologici ecc.; in collaborazione con INFN, CNR e Università di Roma Tor Vergata ha in carico l'esperimento SPARC, per il quale ha realizzato la catena di ondulatori magnetici e gli apparati diagnostici per la radiazione emessa dagli elettroni negli ondulatori;
- FEL operanti tra 100 GHz e 1 THz per studi di fisica dei materiali, biologia, diagnostica agro-ambientale e dei beni culturali (collaborazione bilaterale Italia-Giappone THz-ARTE). Attualmente sono in esercizio il Compact FEL (che fornisce impulsi di radiazione a frequenze tra 90 e 150 GHz con potenza di picco superiore a 1 kW) e la Compact Advanced THz Source FEL-CATS (che fornisce diversi kW nella banda 0,4 – 0,7 THz, con potenziali applicazioni nel campo dell'imaging attivo per la Security).

I modelli sviluppati riguardano la Fisica dei FEL, e la progettazione di nuovi dispositivi laser, in attività di collaborazione con laboratori internazionali (INFN ed ELETTRA). Il Laboratorio Virtuale FEL sviluppato è stato sfruttato con successo per l'impianto SPARC.



FEL: From X-Rays to the Terahertz Region Experiments and Modelling



The Unit performs experiments on free-electron lasers and radiation sources, and develops computing models and codes for the related studies. It also develops facilities crucial to the industrial and biomedical research:

- x-ray lasers, for femtochemistry, single-protein imaging, structural studies of biological systems, etc.; in collaboration with INFN, CNR and Tor Vergata University of Rome, the Unit is responsible for the SPARC experiment – for which the magnetic undulator chain and the diagnostic facilities for the radiation emitted by electrons in the undulators have been realized;
- FELs operating in the 100 GHz - 1 THz spectral range for studies of physics of materials, biology, agro-environmental and cultural heritage diagnostics (THz-ARTE project, Italy-Japan bilateral cooperation). The Compact FEL (providing radiation pulses at 90 - 150 GHz frequencies with peak power higher than 1 kW) and the Compact Advanced THz Source FEL-CATS (providing several kW in the 0.4 – 0.7 THz band) are currently in operation. This latter source finds potential application in the active imaging for security.

The developed models are related to the FEL physics and the design of new laser devices, in collaboration with international laboratories (INFN and ELETTRA).

The set up Virtual FEL Laboratory has been successfully exploited for the SPARC.



Attività di ricerca

Acceleratori e sorgenti di radiazione

L'Unità progetta e sviluppa macchine acceleratrici di elettroni e protoni e sorgenti di radiazioni ad alta energia in collaborazione con l'Università, il settore medico e l'Industria.

- Gli acceleratori di elettroni trovano applicazione in vari processi industriali, produzione di raggi x, applicazioni medicali come la radioterapia intraoperatoria.
- Gli acceleratori di protoni sono una importante risorsa nella terapia oncologica. Una facility basata su un acceleratore lineare di protoni verrà realizzata a Frascati, nell'ambito di una convenzione ENEA-Istituto Superiore Sanità (ISS)-Ospedale Regina ELENA (IFO_IRE), e costituirà il prototipo della prima parte dell'acceleratore da 230 MeV nel progetto TOP-IMPLART.
- Attività di fisica teorica è svolta per lo sviluppo di codici di natura simbolica per la realizzazione di canali di trasporto di elettroni e radiazione.
- Le radiazioni EUV trovano applicazione in campo industriale e biomedicale. L'Unità opera una sorgente a scarica in plasma DPP nella regione dei raggi x molli, realizzata in collaborazione con l'Università dell'Aquila.
- L'Unità dispone di un apparato di litografia nell'estremo ultravioletto MET-EGERIA, basato su un sistema laser-plasma, in grado di eseguire riproduzioni litografiche su fotoresist commerciali con una risoluzione spaziale fino a 90 nanometri.

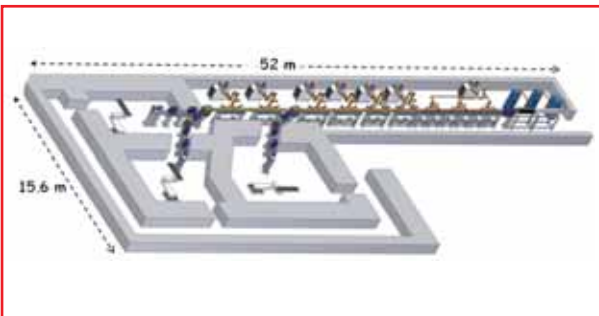


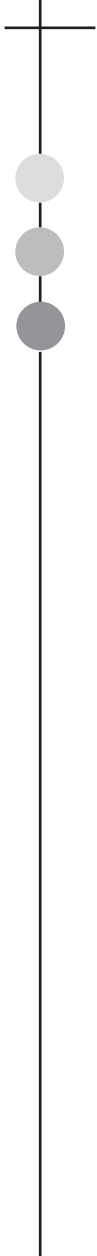
Research Activities

Accelerators and Radiation Sources

The Unit designs and develops electron and proton accelerators and high energy radiation sources in collaboration with universities and the medical and industrial communities.

- Electron accelerators are used in a number of industrial processes, x-ray production, medical applications such as intraoperative radiation therapy.
- proton accelerators are an important resource in cancer therapy. A linear proton accelerator facility is to be built at the ENEA-Frascati Research Centre under an agreement between ENEA, Istituto Superiore di Sanità and Regina Elena Hospital: it will be the prototype of the first part of a 230 MeV accelerator under the TOP-IMPLART project.
- Theoretical physics research is carried out to develop symbolic codes to realize channels for electron and radiation transport.
- EUV radiation finds application in industry and biomedicine. The Unit operates a high-performance DPP (discharge produced plasma) source in the soft x-ray region, developed in collaboration with the University of L'Aquila.
- the Unit has a an extreme ultraviolet lithography facility, MET-EGERIA, based on a laser-plasma system that can produce lithographic prints on commercial photoresist with a spatial resolution of up to 90 nanometers.





Nell'Unità Tecnica Sviluppo di Applicazioni delle Radiazioni operano 95 dipendenti (35% donne), di cui 65 ricercatori/tecnologi e 30 diplomati tecnici e amministrativi, più 2 assegnisti. Le competenze sono ampiamente multidisciplinari (fisica, chimica, biologia, matematica, ingegneria, statistica, informatica).

Circa il 50% dei finanziamenti annuali è reperito su progetti europei a fronte di prestigiose collaborazioni consolidate mediante network o accordi bilaterali internazionali, o allacciate nelle cordate congiunte. Il resto proviene da fondi nazionali, di cui il 10% da commesse industriali.

In ambito italiano sono condotte attività congiunte con i principali enti di ricerca, con strutture pubblico-private, con end user delle tecnologie sviluppate, con la grande industria e PMI interessate al trasferimento tecnologico.

Le pubblicazioni su rivista internazionale sono in media 50/anno, le partecipazioni a conferenze internazionali con proceeding circa 100/anno, di cui almeno 10 su invito, i brevetti almeno 2/anno, i prototipi/dimostratori almeno 2/anno.

UTAPRAD si articola in quattro macro-laboratori (Diagnostiche e Metrologia; Micro e nano strutture per la fotonica; Modellistica Matematica; Sorgenti di Radiazioni), con sede nel Centro Ricerche Frascati e più un laboratorio di spettroscopia ultraveloce, con sede nel Centro Ricerche Casaccia, per attività di caratterizzazione di nano-materiali.

The Technical Unit for the Development of Applications of Radiation has 95 staff employees (35% women), 65 of which are researchers/technologists and 30 technicians and administration personnel, and 2 grantees. Expertise is multidisciplinary (physics, chemistry, biology, mathematics, engineering, statistics, IT).

About 50% of the annual funds come from European projects thanks to prestigious collaborations consolidated under joint networks or international bilateral agreements. The remaining funds come from national sources, 10% of which are industrial orders.

In Italy activities are carried out jointly with the major research bodies, public and private structures, end users of the developed technologies, the large industry and SMEs interested in technology transfer.

On average: 50/year articles are published on international journals; participations in international conferences with proceedings are about 100/year, of which at least 10 upon invitation; patents are at least 2/year; prototypes/demonstrators are at least 2/year.

UTAPRAD is subdivided into four macro-laboratories all hosted at the ENEA-Frascati Research Centre: Diagnostics and Metrology; Photonics Micro and Nanostructures; Mathematic Modelling; Radiation Sources. It also includes an Ultrafast Spectroscopy Laboratory, hosted in the Casaccia Research Centre, where activities are dedicated to the characterization of nanomaterials.

STRUTTURA ORGANIZZATIVA

Organisational Structure

DIRETTORE UNITÀ

Head of Unit

Roberta Fantoni
roberta.fantoni@enea.it

LABORATORI

Laboratories

DIAGNOSTICA E METROLOGIA LASER

Diagnostics and Laser Metrology

Antonio Palucci
antonio.palucci@enea.it

MICRO E NANO STRUTTURE PER LA FOTONICA

Photonics Micro- and Nanostructures

Rosa Maria Montereali
rosa.monteriali@enea.it

MODELLISTICA MATEMATICA

Mathematic Modelling

Giuseppe Dattoli
giuseppe.dattoli@enea.it

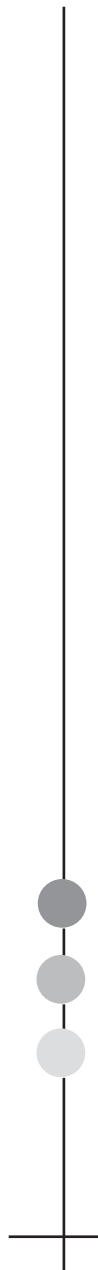
SORGENTI DI RADIAZIONI

Radiation Sources

Gian Piero Gallerano
gianpiero.gallerano@enea.it

Centro Ricerche ENEA Frascati - Via Enrico Fermi, 45
00044 FRASCATI (RM)

ENEA Frascati Research Centre - Via Enrico Fermi, 45
00044 FRASCATI (RM)





Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile



*Italian National Agency for New Technologies,
Energy and Sustainable Economic Development*

www.enea.it



Unità Tecnica
Sviluppo di Applicazioni
delle Radiazioni



*Technical Unit
for the Development of
Applications of Radiation*