



ENEA

*Italian national agency for new technologies,
energy and sustainable economic development*

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

DOSSIER

QUALIFICATION OF NUCLEAR SYSTEMS AND COMPONENTS

ENEA expertise and facilities

QUALIFICAZIONE DI SISTEMI E COMPONENTI IN AMBITO NUCLEARE

Competenze e strutture ENEA

*Ambiente
Energie
Innovazione*



DOSSIER

**QUALIFICATION OF NUCLEAR SYSTEMS
AND COMPONENTS**
ENEA expertise and facilities

**QUALIFICAZIONE DI SISTEMI E COMPONENTI
IN AMBITO NUCLEARE**
Competenze e strutture ENEA

Editors / A cura di:

Stefania Baccaro
Paolo D'Atanasio

INDEX / INDICE

INTRODUCTION / INTRODUZIONE	7
I – NUCLEAR QUALIFICATIONS / QUALIFICHE NUCLEARI	13
<i>The ⁶⁰Co CALLIOPE Irradiation Facility</i>	14
Impianto di irraggiamento γ CALLIOPE	15
<i>Laboratory of Electromagnetic Compatibility</i>	16
Laboratorio di compatibilità elettromagnetica	17
<i>Seismic Qualification Laboratory</i>	18
Laboratorio per qualifica sismica	19
<i>Experimental Facilities for Vibration Qualification</i>	20
Impianti sperimentali per la qualifica a vibrazioni	21
<i>Laboratory for Drop and Shock Tests</i>	22
Laboratorio per prove di caduta ed urti	23
<i>Climatic Qualification Laboratory</i>	24
Laboratorio per qualifica climatica	25
<i>VAPORE Plant for Thermomechanical and Fluid-Dynamic Tests on Components and Systems</i>	26
Impianto VAPORE per prove termomeccaniche e fluidodinamiche su componenti e sistemi	27
<i>Laboratory of Nuclear System Engineering</i>	28
Laboratorio ingegneria dei sistemi nucleari	29
<i>SIET – Laboratory for Thermal Hydraulic and Mechanic Qualification of Components and Systems of Nuclear Power Plants</i>	30
SIET - Laboratorio per la qualificazione termoidraulica e meccanica di componenti e sistemi di impianti nucleari	31
<i>SIET - IETI Facility for Thermal Hydraulic Tests on Plant Components and Special Equipment</i>	32
SIET - Impianto IETI per prove termoidrauliche su componenti di impianti e dispositivi speciali	33
<i>SIET - GEST Facility for Nuclear Plant Component and System Qualification</i>	34
SIET - Laboratorio GEST per qualificazione a piena scala di componenti e sistemi di impianti nucleari	35

<i>SIET - SPES Facility for Safety Integral Tests on PWR Plants</i>	36
SIET - Laboratorio SPES per esperienze integrali di sicurezza su impianti PWR	37
II – SUPPORTO TO NUCLEAR QUALIFICATION ACTIVITIES / ATTIVITÀ A SUPPORTO DELLE QUALIFICHE NUCLEARI	39
<i>CETRA Laboratory for the Characterization of Cement Matrices for Conditioning Processes of Radioactive Wastes</i>	40
Laboratorio CETRA di qualificazione matrici cementizie per il condizionamento di rifiuti radioattivi	41
<i>Metallography and Control Laboratory</i>	42
Laboratorio metallografia e controlli	43
<i>Mechanical Testing Laboratory</i>	44
Laboratorio prove meccaniche	45
<i>Burner-rig CERTem for High Temperature Tests on Full Scale Components</i>	46
Impianto CERTem per prove ad alta temperatura su componenti in scala reale	47
<i>Ultrasonic Non-Destructive Evaluation Laboratory</i>	48
Laboratorio di caratterizzazione non distruttiva ad ultrasuoni	49
<i>Microstructural and Microanalytical Characterization Laboratory</i>	50
Laboratorio di caratterizzazione microstrutturale e microanalitica	51
<i>High Density Energy (HDE) Welding Plants</i>	52
Impianti di saldatura ad elevata densità di energia	53
<i>STAF Facility, an Experimental Loop for High Heat Flux Testing with Water</i>	54
Impianto STAF, circuito sperimentale per Scambio Termico ad Alti Flussi	55
<i>VASIB Facility for Testing of Safety and Regulating Valves with Steam-Water Flow</i>	56
Impianto VASIB per prove su VALvole di SICurezza in Bifase	57
<i>Non-Destructive Testing Laboratory</i>	58
Laboratorio per controlli non distruttivi	59
<i>Laboratory of Electromagnetic Characterization of Materials</i>	60
Laboratorio di caratterizzazione elettromagnetica dei materiali	61
<i>γ-Ray Pre- and Post-Irradiation Characterization Laboratory</i>	62
Laboratorio di caratterizzazione pre- e post-irraggiamento γ	63

<i>Thermomechanical Characterization Laboratory</i>	64
Laboratorio di caratterizzazione termomeccanica	65
<i>Corrosion and Environmentally Assisted Cracking Laboratory</i>	66
Laboratorio di corrosione e della frattura assistita dall'ambiente	67
<i>Metrology Laboratory SIT Centre 10</i>	68
Laboratorio di metrologia Centro SIT n. 10	69
<i>C-43 Laboratory for Radiological Characterization of Radioactive Materials</i>	70
Laboratorio di radiochimica C-43 per la caratterizzazione radiologica di materiali radioattivi	71
<i>DySCo Virtual Laboratory for Seismic and Vibration Qualification</i>	72
Laboratorio virtuale DySCo per la qualifica a vibrazioni e sismica	73
<i>Nuclear Research Reactor: TAPIRO</i>	74
Reattore nucleare di ricerca TAPIRO	75
<i>Nuclear Research Reactor: TRIGA RC-1</i>	76
Reattore nucleare di ricerca TRIGA RC-1	77
<i>ICT Technologies for In-Service Inspection of Nuclear Components and Systems</i>	78
Tecnologie ICT per In-Service Inspection di componenti e sistemi nucleari	79
<i>FNG Facility, 14-MeV Neutron Generator</i>	80
Impianto FNG, generatore di neutroni da 14 MeV	81
<i>In Vessel Viewing and Ranging System (IVVS) for Hostile Environments</i>	82
In Vessel Viewing and ranging System (IVVS) per la visione in ambienti ostili	83
<i>LIBS Laboratory for Material Characterization</i>	84
Laboratorio LIBS per la caratterizzazione di materiali	85
<i>Laboratory for FBG Optical Fiber Sensing for Thermal and Structural Monitoring</i>	86
Laboratorio sensori in fibra ottica FBG per monitoraggi termici e strutturali	87
<i>Radiographic Bunker</i>	88
Bunker radiografico	89
<i>Metrology Laboratory SIT Centre 156</i>	90
Laboratori metrologici Centro SIT n. 156	91

<i>Non-Destructive Testing Laboratory</i>	92
Laboratorio per controlli non distruttivi	93
<i>National Institute of Ionizing Radiation Metrology</i>	94
Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti	95
<i>Radiation Protection Institute</i>	96
Istituto di Radioprotezione	97
<i>Calibration Centre for Ionizing Radiation</i>	98
Centro di taratura per le radiazioni ionizzanti	99
<i>Individual Monitoring Service</i>	100
Servizio di dosimetria esterna	101
<i>Radon Air Concentration Measurement Service</i>	102
Servizio di valutazione della concentrazione di radon in aria	103
<i>Individual Monitoring Service for Internal Contamination</i>	104
Servizio per il monitoraggio individuale di contaminazione interna	105
<i>Service for Radioactivity Measurements in Environmental or Other Samples</i>	106
Servizio per misure di radioattività su campioni ambientali o di altra origine	107
<i>The ENEA-GRID Computing Grid and the CRESCO High Performance Computational Facility</i>	108
Griglia computazionale ENEA-GRID e infrastruttura di calcolo ad alte prestazioni CRESCO	109
<i>CETMA - Modelling and Simulation Area</i>	110
CETMA - Area modellistica e simulazione	111
<i>CETMA - GIS System</i>	112
CETMA - Sistema GIS	113
<i>FN - Laboratories for Material and Component Design, Development and Characterization</i>	116
FN - Laboratori di progettazione, sviluppo e caratterizzazione di materiali e componenti	117
<i>NUCLECO - Qualification of Radioactive Waste Conditioning Processes</i>	118
NUCLECO - Qualificazione dei processi di condizionamento di rifiuti radioattivi	119

INTRODUCTION

Regardless of how electricity is produced, any power-producing plant implies benefits but also possible negative and unexpected effects. This is far more valid in the case of nuclear plants where the nuclear fission chain reaction is – by its very nature - a physical process requiring the highest level of caution and precaution. This both depends on the small but not strictly null possibility that the chain reaction may diverge and become uncontrollable, and on the fact that it is triggered by radioactive unstable elements generating decay products which in their turn are all unstable and radioactive.

*Hence, when designing, setting-up and operating nuclear power plants, remarkable safety and reliability aspects must be taken into account, which are strictly identified and ruled by national and international regulations. As stated by the IAEA (International Atomic Energy Agency), the **general nuclear safety objective** is "(...) To protect individuals, society and the environment by establishing and maintaining in nuclear power plants an effective defence against radiological hazard (...)".*

In other words, nuclear safety means to control the radiation exposure of people by keeping it at the lowest levels, and to prevent the unexpected release of radioactive material to the environment, thus restricting the likelihood of events that might lead to a nuclear accident.

INTRODUZIONE

Qualunque impianto per la produzione di energia elettrica, quale che sia il metodo con cui essa viene prodotta, presenta indubbi vantaggi ma anche possibili effetti negativi e indesiderati. Questa asserzione è, a maggior ragione, valida per le centrali elettriche nucleari, poiché la reazione di fissione nucleare a catena è per sua natura un processo fisico il cui controllo richiede livelli di attenzione e precauzioni estremamente elevati, sia per la probabilità (piccola, ma non rigorosamente nulla) che la reazione a catena possa accidentalmente divergere e giungere ad uno stadio incontrollabile, che per il fatto che essa avviene a partire da elementi instabili radioattivi, i cui prodotti di decadimento sono tutti a loro volta instabili e radioattivi.

La progettazione, la realizzazione e l'esercizio delle centrali elettriche nucleari pongono dunque rilevanti problemi di sicurezza e affidabilità, rigidamente classificati e regolamentati a livello nazionale e internazionale. Come stabilito dall'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica (IAEA), l'**obiettivo generale della sicurezza nucleare** è quello di "(...) proteggere le persone, la società e l'ambiente predisponendo e mantenendo nelle installazioni nucleari sistemi efficienti di protezione contro i rischi radiologici (...)".

In altri termini, la sicurezza nucleare prevede che l'esposizione alle radiazioni radioattive del personale professionalmente esposto e della popolazione sia mantenuta ai più bassi livelli possibili e sia completamente evitato il rilascio indesiderato di materiale radioattivo, riducendo ai minimi termini la probabilità di un incidente nucleare.

*This approach leads to the **defence in depth** strategy, which is the primary means of preventing accidents. Should this prevention fail, it can mitigate the consequences of accidents and avoid that harmful effects might occur. **Prevention of accidents is – in any case – the prime priority.***

*To ensure **safety fundamentals** (controlling the power, cooling the fuel and confining the radioactive material), defence in depth is implemented through five levels of protection, each involved if the previous level were to fail.*

*If an accident has occurred, **Level 3** provides engineered safety features and protection systems to prevent evolution towards severe accidents and also to confine radioactive materials within the containment system. The safety systems are to control reactivity, remove the residual heat and contain the release of radioactive material during the initial testing phases and the consequent maintenance of the reactor integrity and safety conditions.*

*To ensure the highest reliability of the engineered safety systems, a number of design principles are implemented, such as the **qualification of systems, components and structures for specific environmental conditions that may result from an accident or an external hazard.***

Questo approccio conduce alla strategia della **difesa in profondità** il cui scopo è duplice: in primo luogo, evitare gli incidenti e in secondo luogo, se la prevenzione dovesse fallire, limitare le conseguenze e prevenire ogni evoluzione verso condizioni più serie. **La prevenzione degli incidenti è, in ogni caso, la prima priorità.**

Perché siano assicurate **funzioni fondamentali di sicurezza** (controllo del processo di fissione nucleare, rimozione del calore dal nocciolo del reattore, confinamento della radioattività), la difesa in profondità è organizzata su cinque livelli, ognuno dei quali interviene in caso di fallimento del precedente.

Posto che un incidente sia accaduto, il **Livello 3** prevede che siano state progettate delle configurazioni ingegneristiche di sicurezza e protezione atte a prevenire l'evoluzione dell'incidente verso il livello di incidente grave e a confinare i materiali radioattivi dentro il sistema di contenimento. I sistemi di sicurezza devono, dunque, mantenere il controllo della reattività, rimuovere il calore residuo e contenere rilasci radioattivi, durante le fasi di pilotaggio e di conseguente mantenimento del reattore verso uno stato sicuro.

L'affidabilità dei sistemi di sicurezza viene garantita progettando l'impianto secondo diversi principi tra i quali l'adozione della **qualificazione dei sistemi, dei componenti e delle strutture per le specifiche condizioni ambientali dovute ad un incidente o ad un rischio esterno.**

Nuclear qualifications are one of the fundamentals when designing and setting up nuclear power plants. They consist of a complex set of tests on systems, components and structures – subject to specific environmental conditions resulting from an accident or an external hazard – aimed at ensuring they are **nuclear safety** compliant and continue to operate with the highest reliability, thus allowing to keep the reactor under control in any situation. The nuclear qualification process is regulated by international standards providing four general methods essentially: type tests, operational experience, analysis, combined qualification.

Type tests are the method with the least level of uncertainty and therefore mostly adopted. This necessarily means that adequately-equipped laboratories are fundamental to perform experimental measurements and tests.

The following table reports a typical sequence of type tests required for nuclear qualification.

The ENEA Casaccia Research Centre (Rome) hosts the whole complex of laboratories and pilot experimental facilities where the **complete** process of nuclear qualification of components, devices and systems relevant to nuclear safety is performed by way of tests reported in the above table: **Dynamic and Environmental Test Laboratory, Electromagnetic Compatibility Laboratory, "Calliope" Gamma-radiation Plant, "VAPORE" Plant.**

Il processo di **qualificazione nucleare** è quindi uno dei principi cardine di progettazione e realizzazione delle centrali nucleari e consiste nel sottoporre tutti i sistemi, i componenti e le strutture rilevanti ai fini della **sicurezza nucleare** ad un complesso sistema di prove sperimentali, alle specifiche condizioni ambientali dovute ad un incidente o ad un rischio esterno, per verificare che essi continuino a svolgere le funzioni per le quali sono stati progettati con la massima affidabilità, consentendo di mantenere sotto controllo il reattore in qualunque situazione. Il processo è regolato da norme internazionali che prevedono, essenzialmente, quattro metodi generali: prove di tipo, esperienza operativa, analisi, qualificazione combinata.

Il metodo con il minor margine di incertezza e che, per questo, è quello adottato nella grande maggioranza dei casi è il ricorso alle **prove di tipo**. Questo implica la necessità di condurre attività sperimentali di misura e prove in laboratori adeguati.

Una tipica sequenza delle prove di tipo previste per la qualificazione nucleare è riportata nella tabella seguente.

Presso il Centro Ricerche ENEA della Casaccia (Roma) sono concentrati, in un unico sito, un complesso di importanti laboratori e infrastrutture sperimentali di prova in cui è possibile condurre l'**intero** processo di qualificazione nucleare di componenti, dispositivi e sistemi inerenti la sicurezza nucleare, effettuando le prove riportate nella tabella: il **Laboratorio di Prove Dinamiche ed Ambientali**, il **Laboratorio di Compatibilità Elettromagnetica**, l'**Impianto di Irraggiamento Gamma "Calliope"**, l'**Impianto "Vapore"**.

TESTS / PROVE	PLANTS AND LABORATORIES INVOLVED / IMPIANTI E LABORATORI COINVOLTI
Basic data acquisition Acquisizione dati di base	<i>Measuring devices</i> Strumentazione di misura
Aging tests / Prove di invecchiamento	
Physical agents / Agenti fisici	
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Temperature</i> Temperatura 	<i>Thermostatic Ovens</i> Forni termostatici
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Humidity</i> Umidità 	<i>Climatic Chambers</i> Camere climatiche
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Temperature-humidity cycles</i> Cicli di temperatura-umidità 	<i>Electrodynamic Shakers</i> Shaker elettrodinamici
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Vibrations</i> Vibrazioni 	<i>γ-radiation facility</i> Impianto di irraggiamento γ
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Radiation</i> Irraggiamento 	<i>β Accelerator</i> Acceleratore β
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Incidental Radiation</i> Irraggiamento incidentale 	<i>EMC/EMI Semianechoic Chamber</i> Camera semianecoica EMC/EMI
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Electromagnetic Compatibility</i> Compatibilità elettromagnetica 	<i>Measuring Devices</i> Strumentazione di misura
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Conducted and Radiated Electromagnetic Susceptibility</i> Suscettibilità elettromagnetica condotta e radiata 	
Incidental Tests / Prove incidentali	
Causes / Cause	
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Seism</i> Sisma 	<i>Shaking Tables</i> Tavole vibranti
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Aircraft Crash</i> Caduta d'aereo 	<i>Shock Machine</i> Macchina da shock
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Design Basis Accident</i> Incidente base di progetto 	<i>LOCA Testing Equipment</i> Impianto per prove LOCA

*Nuclear safety qualification tests are performed **in a unique location**. This is a considerable opportunity for all Italian nuclear energy industries to be relaunched with reduced investments even at the international level. As a matter of fact, the Italian industries operating in the nuclear sector can give their massive contribution by supplying components, devices and systems for nuclear power plants, provided that they can qualify their products in compliance with the existing standard regulations.*

Its deep, constantly-updated and increased expertise and sensitivity dating back to CNEN (the Italian National Committee for Nuclear Energy R&D) allow ENEA to put all of its professionals, know-how, advanced and complex laboratories and experimental facilities located in its research centres at the disposal of the national industry, thus providing multidisciplinary studies, measurements and tests in support to the nuclear qualification process.

*Following the above rationale, this dossier contains technical forms describing the laboratories and experimental facilities in ENEA and its participated companies, whose expertise gives a valuable contribution to nuclear qualification. It has been subdivided into two sections: **Nuclear Qualifications**, where the facilities and plants directly involved in nuclear qualification measurements are described; and **Activities in Support to Nuclear Qualifications**, where a broad but not exhaustive overview of the manifold laboratory technical and scientific skills is provided, with a wide range of research, measurements and tests in support to nuclear qualification activities: from the preliminary study to the pre-qualification stage, and finally to the activities in support to functional verifications during the very qualification process.*

La possibilità di eseguire **contestualmente** tutte le prove di qualificazione previste dalle norme di sicurezza nucleare costituisce un'interessante opportunità per le industrie italiane che operano nel settore dell'energia nucleare e che potrebbe rilanciarle, con investimenti contenuti, anche nel contesto internazionale: le industrie italiane che operano nell'ambito nucleare sono infatti capaci di contribuire in grande misura al complesso di forniture di componenti, dispositivi e sistemi di una centrale elettrica nucleare, purché siano in grado di qualificare i propri prodotti secondo le normative vigenti.

Il mantenimento e il costante aggiornamento e approfondimento delle competenze e delle sensibilità ereditate dalla sua storia pregressa come Comitato Nazionale per la Ricerca e lo Sviluppo dell'Energia Nucleare (CNEN) consentono inoltre all'ENEA di mettere a disposizione dell'industria nazionale tutto il suo patrimonio di professionalità e conoscenze, di avanzati e complessi laboratori ed infrastrutture sperimentali localizzati nei diversi Centri di Ricerca, per attività di studi, misure e prove multidisciplinari, a supporto del processo di qualificazione nucleare.

Seguendo la logica sin qui esposta, in questo dossier vengono riportate le schede tecniche che descrivono i laboratori e le infrastrutture sperimentali dell'ENEA e delle sue partecipate, le cui competenze possono dare un valido contributo alla qualificazione nucleare. Esse sono state suddivise in due sezioni: nella prima (**Qualifiche nucleari**) vengono descritti gli impianti direttamente coinvolti nell'esecuzione di misure e prove di qualifica nucleare; nella seconda sezione (**Attività a supporto delle qualifiche nucleari**) viene invece riportato un vasto panorama (peraltro non esaustivo) delle molteplici competenze tecnico-scientifiche e dei laboratori in grado di offrire un notevole ventaglio di ricerche, misure e prove a supporto dell'attività di qualificazione nucleare, dallo stadio di studio preliminare, alla fase di pre-qualifica fino al supporto alle verifiche funzionali durante il processo di qualifica vero e proprio.

Due to its complex nature and strict safety regulations, the technology producing energy from nuclear power has always acted as a powerful "flywheel" for technology innovation, which can undoubtedly contribute to increase the Italian industry competitiveness at the international level too.

Taking this aspect into account, relaunching nuclear energy in Italy is not possible without a network of laboratories adequately equipped to perform the qualification tests required by safety regulations in support to companies already operating in the nuclear sector or wishing to start working in it thanks to their advanced technology expertise. In such a context, the laboratories of ENEA and its participated companies can play a remarkable or even pre-eminent role thanks to their endowment of experimental facilities, some of which are unique in Italy and amongst the few existing in Europe.

La tecnologia della produzione nucleare di energia elettrica, per la sua complessità e per gli stretti vincoli di sicurezza, costituisce da sempre un potente volano per l'innovazione tecnologica che può senz'altro contribuire ad innalzare il livello di competitività dell'industria italiana anche in ambito internazionale.

Tenendo conto anche di quest'ultimo aspetto, il programma di ripresa della produzione di energia elettrica di origine nucleare in Italia non può prescindere dalla costituzione di una rete di laboratori in grado di eseguire le prove di qualificazione nucleare richieste dalle norme di sicurezza, a supporto delle imprese che già operano nel settore nucleare o che, forti di avanzate competenze tecnologiche, vogliono iniziare ad operarvi. In questo contesto, i laboratori dell'ENEA e delle sue partecipate possono ricoprire un ruolo importante o addirittura preminente, grazie alla dotazione di impianti sperimentali, alcuni dei quali unici in Italia e tra i pochi in Europa.

I - NUCLEAR QUALIFICATIONS

I - QUALIFICHE NUCLEARI

The CALLIOPE facility can be used for: gamma irradiation applications important for the scientific and industrial communities; irradiation tests and dosimetric certifications; research and training activities in collaboration with universities and research institutions; dosimetric laboratory.

Potential users: universities, research institutions, and national and foreign industries.

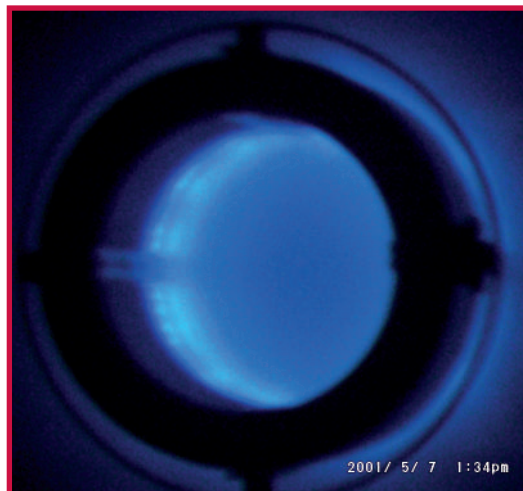
CALLIOPE was designed and realized by ENEA in 1970. It is a pool-type irradiation facility equipped with a ⁶⁰Co (energy ≅ 1.25 MeV) radioisotopic source with a maximum licensed activity of 3.7 x 10¹⁵ Bq and a current activity of 0.34 10¹⁵ Bq. The facility allows to select the irradiation dose intensity by way of the following dosimetry techniques: Fricke absolute dosimetry (20-400 Gy), alanine dosimetry (1 Gy-500 kGy), and RedPerspex dosimetry (5-40 kGy).

The facility is used for research and service activities. Its main applications are associated with:

- study of γ irradiation on the chemical and physical properties of materials (polymers, optical fibers, crystals and amorphous materials);
- biology experimentation activities targeted at developing recuperation processes related to agro-food, the environment and cultural heritage;
- irradiation tests of aerospace, nuclear, and electronic components in a simulated hostile radioactive environment where they are supposed to operate.

Amongst other CALLIOPE applications:

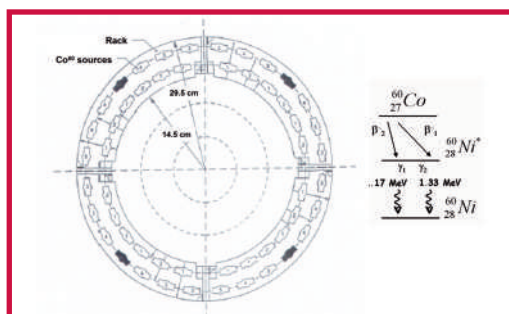
- qualification tests of aerospace electronic components in compliance with ESA 22900 and MIL-STD-883 standards;
- EU JET and NET Projects;
- collaborations for CMS ATLAS and LHCb tests with the LHC at CERN in Geneva (2001-2007);
- stator qualification tests for Ansaldo Impianti (March 1982);
- qualification tests for large power electric components for Nuova Pignone (September, 1981-November, 1986).



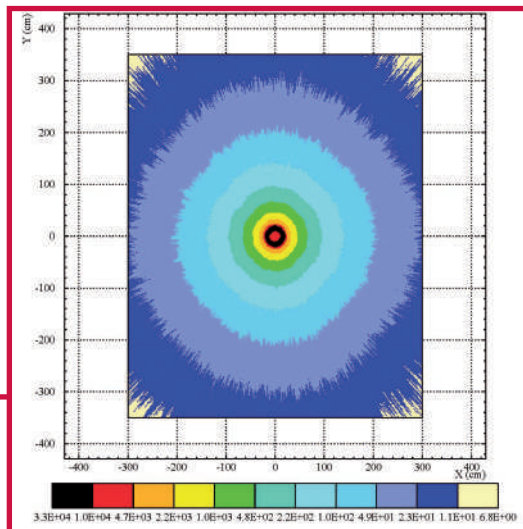
CALLIOPE rack with ⁶⁰Co sources: Cherenkov effect in the water around rack



Irradiation cell and rack with ⁶⁰Co sources; in the foreground: platform for sample positioning



Scheme of the gamma-source XY section of the CALLIOPE facility with ⁶⁰Co decay



XY simulation of dose rate (Gy/h), as of March 2005, on the whole irradiation cell

L'impianto di irraggiamento y CALLIOPE può essere utilizzato per: irraggiamenti gamma di rilevanza scientifica e industriale; servizio di irraggiamento con emissione di certificazione dosimetrica; attività di ricerca e didattica con Università ed Enti di Ricerca; laboratorio dosimetrico.

Potenziali utenti: università, enti di ricerca ed industrie nazionali ed estere.

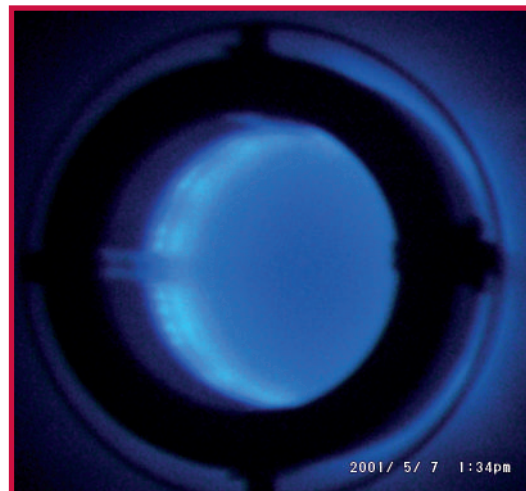
L'impianto di irraggiamento y CALLIOPE, progettato e realizzato dall'ENEA nel 1970, è una facility di tipo a piscina, con sorgente radioisotopica di ^{60}Co (energia $\cong 1,25$ MeV) con una attività massima nominale consentita di $3,7 \cdot 10^{15}$ Bq e attività attuale di $0,34 \cdot 10^{15}$ Bq. L'impianto consente di selezionare l'intensità di dose a cui effettuare un irraggiamento e utilizza le seguenti tecniche dosimetriche: dosimetria assoluta di Fricke (20-400 Gy), dosimetria ad alanina (1 Gy-500 kGy) e dosimetria RedPerspex (5-40 kGy).

L'impianto è utilizzato per attività di ricerca e servizio. Le principali applicazioni riguardano:

- lo studio degli effetti dell'irraggiamento y sulle proprietà chimico-fisiche dei materiali (polimeri, fibre ottiche, cristalli e amorfi);
- esperienze in campo biologico finalizzate alla messa a punto di processi di risanamento nel settore agroalimentare, ambientale e recupero di beni culturali;
- l'irraggiamento di componenti dell'industria aerospaziale, nucleare ed elettronica in condizioni che riproducono l'ambiente radioattivo ostile nel quale questi dispositivi si troveranno a lavorare.

CALLIOPE è stato impiegato, tra l'altro, in:

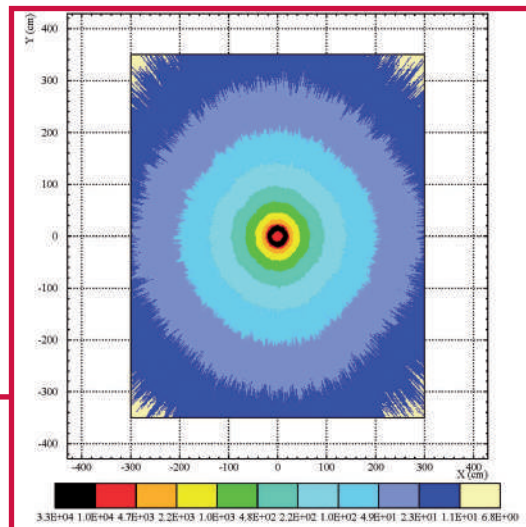
- qualifiche di componenti elettronici per applicazioni spaziali secondo normativa ESA 22900 e MIL-STD-883;
- Progetti della Comunità Europea JET e NET;
- collaborazioni per esperimenti CMS ATLAS ed LHCb presso LHC al CERN di Ginevra (2001-2007);
- la qualifica dello statore per Ansaldo Impianti (marzo 1982);
- qualifiche di componentistica elettrica di potenza anche di grandi dimensioni per Nuova Pignone (settembre 1981-novembre 1986).



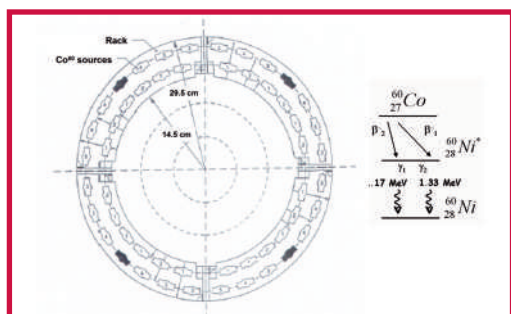
Rastrelliera impianto CALLIOPE con sorgenti di ^{60}Co e visione dell'effetto Cherenkov



Vista della cella di irraggiamento e della rastrelliera contenente le sorgenti di ^{60}Co ; in primo piano la piattaforma per il posizionamento dei campioni



Simulazione nel piano XY dell'intensità di dose (Gy/h) al marzo 2005 sull'intera cella di irraggiamento



Schema della sez. XY della sorgente y dell'impianto CALLIOPE con decadimento del ^{60}Co

The Laboratory is able to perform Electromagnetic Compatibility (EMC/EMI) tests and measurements in conformity with the following harmonized, military and avionic standards: EN 61000-4-2; EN 61000-4-3 EN 61000-4-4; EN 61000-4-6 EN 61000-4-8; EN 55011; EN 55022; MIL STD 461 Rev. C/D/E/F and MIL STD 462 Rev. D; RTCA/DO-160C.

Potential users: electronic, security, avionic, biomedical, transport industries; Government agencies and institutes; scientific research institutes.

The Laboratory is equipped with a semi-anechoic chamber – "Vecuvia", which has been realized in 2001 by Teseo SpA following the ENEA detailed technical specifications – for electromagnetic compatibility tests and measurements on devices located at 3 m from the antennas, in the 10 kHz ÷ 18 GHz frequency range. The Vecuvia facility is used for radiated and conducted emission and immunity tests; two more shielded chambers are used for conducted emission and radiated tests up to 1 GHz. Several experimental devices are used to remotely control the test sessions and to acquire data.

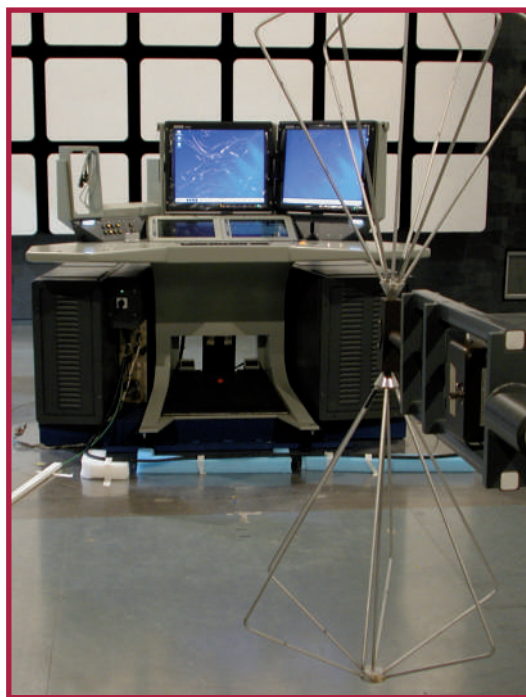
The facilities of the Laboratory are also used for the electromagnetic characterization of materials (dielectric permittivity and magnetic permeability) and antennas (radiation patterns and radar cross-section).

The most significant test sessions performed by the Laboratory include:

- tests on scientific instruments installed on board of the Geophysica aircraft, used in stratospheric measurement sessions over the Antarctica (Department of Physics of "La Sapienza" University in Rome);
- tests on electronic monitoring equipment to control the tunnels of the Rome-Naples high-speed railway line;
- tests on a control console installed on board of the Italian Navy's cruiser "Garibaldi";
- tests on a control console installed on board of the Italian Navy's aircraft carrier "Cavour";
- tests on several electronic systems produced by industries of the Selex Group for the police and security units, the emergency agencies for civil protection and the armed forces.



Inside view of the "Vecuvia" semi-anechoic chamber



View of the control console installed on board of the Italian Navy's aircraft carrier "Cavour"

Il Laboratorio può effettuare misure e prove di compatibilità elettromagnetica (EMC/EMI) secondo le norme (civili, militari ed avioniche): EN 61000-4-2; EN 61000-4-3 EN 61000-4-4; EN 61000-4-6 EN 61000-4-8; EN 55011; EN 55022; MIL STD 461 Rev. C/D/E/F e MIL STD 462 Rev. D; RTCA/DO-160C.

Potenziali utenti: industrie operanti nei settori dell'elettronica civile, militare, della pubblica sicurezza, avionica, biomedicale, grandi infrastrutture di trasporto; enti ed istituzioni pubbliche; enti ed istituzioni di ricerca scientifica.

Il Laboratorio è dotato di una camera schermata semianecoica (Vecuvia, realizzata nel 2001 da Teseo SpA su dettagliate specifiche tecniche ENEA) per misure di compatibilità elettromagnetica ad una distanza di 3 m dalla sorgente di radiazione, nella gamma di frequenze comprese fra 10 kHz e 18 GHz. Vecuvia viene impiegata per prove di emissione ed immunità radiate e condotte; due ulteriori camere schermate fino ad 1 GHz vengono utilizzate per l'esecuzione di prove di immunità ed emissioni condotte. Il Laboratorio è dotato di un'ampia strumentazione per l'acquisizione dei dati sperimentali e per il controllo da remoto delle sessioni di prova.

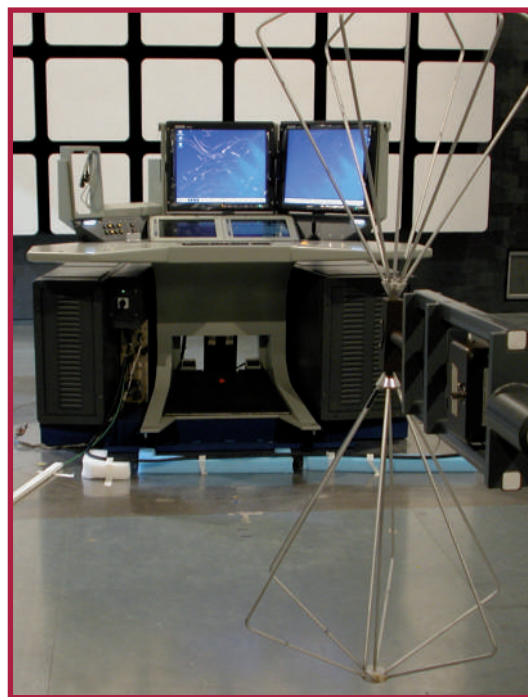
Le infrastrutture sperimentali del Laboratorio vengono utilizzate anche per misure di caratterizzazione elettromagnetica di materiali (permittività dielettrica e permeabilità magnetica) e di antenne (diagrammi di radiazione e misure di radar cross section).

Tra le campagne di prove di maggior rilievo effettuate dal laboratorio si citano:

- prove su apparecchiature scientifiche installate a bordo dell'aereo Geophysica, utilizzato in campagne di misura stratosferiche sull'Antartide (Dipartimento di Fisica dell'Università La Sapienza di Roma);
- prove su apparati elettronici di monitoraggio delle infrastrutture civili della linea ferroviaria ad alta velocità Roma-Napoli;
- prove su una consolle di controllo installata a bordo dell'incrociatore Garibaldi della Marina Militare Italiana;
- prove su una consolle di controllo installata a bordo della portaerei Cavour della Marina Militare Italiana;
- prove su vari apparati elettronici realizzati da aziende del gruppo Selex per le forze di sicurezza, la protezione civile e le forze armate.



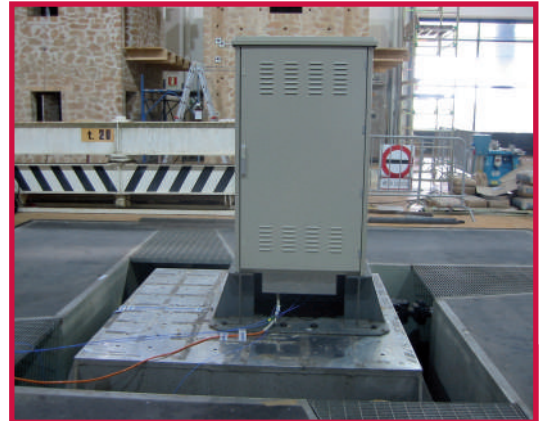
Vista interna della camera semianecoica "Vecuvia"



Vista della consolle di controllo che è stata installata a bordo della portaerei "Cavour"

The Laboratory is equipped with two 6-Degree-of-Freedom (6DOF) shaking tables – among the largest in Europe – allowing to perform triaxial seismic tests for:

- **seismic qualification of systems and equipment for nuclear plants (IEEE STD 344-2004, IEC 60980-1989);**
- **qualification of systems and components for industrial applications (MIL STD 167-1, AGERD A-0049), railway transport (F.S. – I.S.402), aerospace components (DO-160C), civil engineering and cultural heritage conservation (OPCM-4274, OPCM-3431);**
- **dynamic characterization and experimental verification of new technologies for seismic protection of delicate instruments and control systems for strategic infrastructures in the post-seismic phase.**



Dynamic/functional tests on electronic components

Potential users: national and European SMEs operating in the fields of constructions, mechanical and railway transport industry; research institutions; Italian Civil Protection Department.

The shaking table tests are fundamental to understand the dynamic behaviour of structures subject to dynamic loads induced by earthquakes. Actually they allow to validate the numerical models by providing the real physical parameters such as dissipation, critical frequencies and main vibration modes of the structure.

The two shaking tables operating in the laboratory allow to study and test new technologies and new materials for the seismic protection of civil, industrial, and cultural heritage structures.



Dynamic/functional tests on Radar antenna system

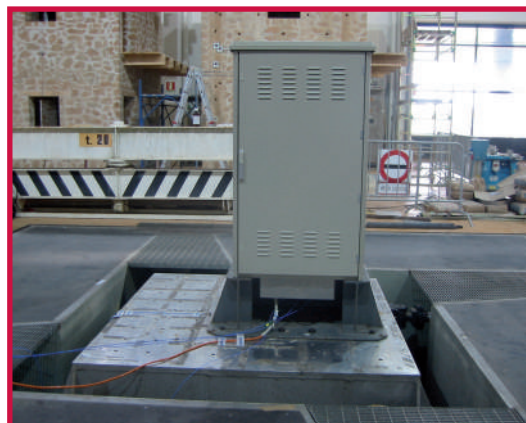
	MASTER	CHILD
Size	4m x 4m	2m x 2m
Degree of Freedom	6	6
Frequency range	0-50 Hz	0-100 Hz
Acceleration	3g Peak	5g Peak
Speed	0.5 m/s (0-Peak)	1 m/s (0-Peak)
Displacement	0.25 m (0-Peak)	0.30 m (0-Peak)
Payload	10 ton (3g peak)	1 ton (5g peak)
Overturning	300 kN x m	30 kN x m
Power needed	950 KW	
Fluid flow	570 l/min	
Pressure	210 Mpa	

Oleodynamic power station

Shaking table system: scheme and technical specifications

Il Laboratorio è dotato di due tavole vibranti a 6 gradi di libertà (6GDL), tra le più grandi d'Europa, che consentono di effettuare prove sismiche triassiali per:

- qualifica sismica di sistemi e apparecchiature per impianti nucleari (norme IEEE STD 344-2004, IEC 60980-1989);
- qualificazione di componenti e sistemi per applicazioni industriali (normative MIL STD 167-1, AGERD A-0049), il trasporto ferroviario (normative F.S. - I.S.402), l'industria aerospaziale (normative DO-160C), l'ingegneria civile e la protezione del patrimonio artistico (normative OPCM-4274, OPCM-3431);
- caratterizzazione dinamica e verifica sperimentale dell'efficacia delle tecnologie innovative di protezione sismica di apparecchiature delicate e sistemi di controllo di infrastrutture strategiche in fase postsismica.



Test dinamico/funzionale su componentistica elettronica

Potenziali utenti: PMI nazionali ed europee nei settori delle costruzioni e dell'industria meccanica e ferroviaria, istituzioni universitarie, Dipartimento della Protezione Civile.

Le prove su tavola vibrante hanno una fondamentale importanza ai fini della comprensione del comportamento dinamico delle strutture reali sotto l'azione dei carichi sismici, consentendo anche la validazione dei modelli numerici poiché forniscono i valori degli smorzamenti, delle frequenze critiche e dei principali modi di vibrare della struttura.

Le due tavole vibranti in dotazione del Laboratorio consentono lo studio e la sperimentazione di nuove tecnologie e nuovi materiali per la protezione sismica di manufatti civili, industriali e storico/monumentali.



Test dinamico/funzionali su sistema d'antenna radar

	MASTER	CHILD
Dimensioni	4m x 4m	2m x 2m
Gradi di Libertà	6	6
Frequenza	0-50 Hz	0-100 Hz
Accelerazione	3g Peak	3g Peak
Velocità	0,5 m/s (0-Peak)	1 m/s (0-Peak)
Spostamento	0,25 m (0-Peak)	0,30 m (0-Peak)
Peso Complesso	10 ton (3g peak)	1 ton (3g peak)
Overturning	300 kN x m	50 kN x m
Potenza Installata	950 KW	
Portata	670 l/min	
Pressione	210 Mpa	

GENTRALE OLEODINAMICA

Impianto tavole vibranti : schema esemplificativo e specifiche tecniche

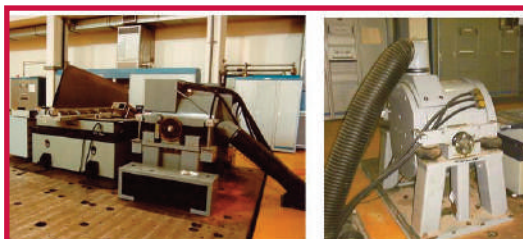
The experimental facilities consist of electrodynamic Shakers allowing components and systems relevant to safety to be qualified under vibratory stress during normal and abnormal operating conditions.

Potential users: mechanics, aerospace, transport and nuclear industries.

Equipment relevant to the safety of nuclear plants must be qualified against the vibration stress laid during normal operations and the postulated accidental conditions. Vibrations typical of the latter class are those self-induced by the moving parts of the equipment and transmitted by the support structures of the equipment itself. For example, if the equipment is installed on pipes, generators or motors, the vibrations to be taken into account are those due to starting up and operating the machines, flux of fluid in tubes, vibrations of devices adjacent those being qualified.

Among the main vibration qualification tests of systems and components, the following are worth mentioning:

- ALMASat QM-1 Microsatellite (specifications: ECSS-E-10-02A and ECSS-E-10-03A);
- FA and HLA aeronautical systems (specifications: M346 THERMAL ECS FOR INSULATING PIPES / DUCTS AND COCKPIT);
- Alpha Magnetic Spectrometer (AMS) for the ESA space station (specifications: AMS-INFN compliant to DO-160C).

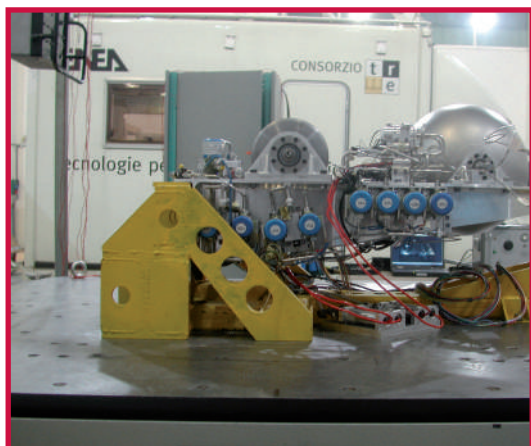


Electro dynamic shaker	SYSTEM 1	SYSTEM 2
Dimension of the shaking table:	Circular $\Phi=0.61$ m	Circular $\Phi=0.34$ m
Max force:	145 kN	27 kN
System performance		
- Acceleration:	125 g (0-peak)	100 g (0-peak)
- Velocity:	2 m/sec (0-peak)	1.2 m/sec (0-peak)
- Displacement:	25.4 mm (peak-peak)	25.4 mm (peak-peak)
Frequency interval:	0-2000 Hz	0-2000 Hz
Dimension of the shaking table for horizontal tests:	Square 1.5m x 1.5m	Square 0.6m x 0.6m

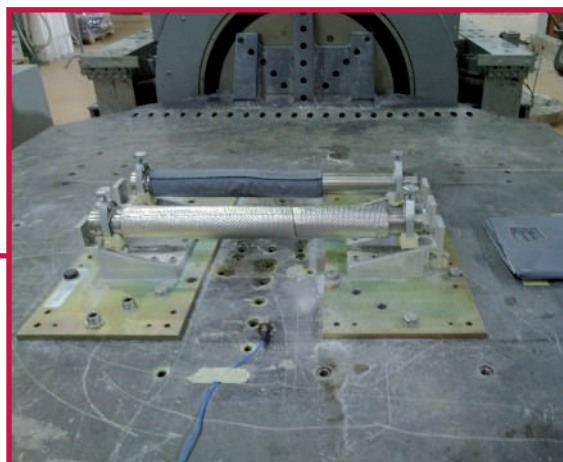
Electrodynamic shakers for vibration qualification (System 1: 14.5 ton stress; System 2: 2.7 ton stress)



ALMASat QM-1 Microsatellite



Alpha Magnetic Spectrometer (AMS)



FA and HLA systems

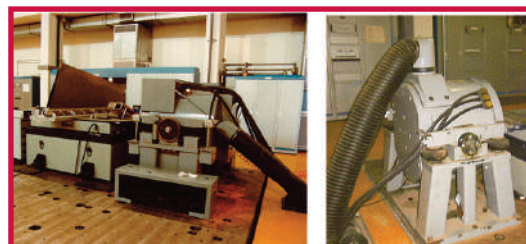
Gli impianti sperimentali consistono in Shaker elettrodinamici che consentono la qualifica di componenti e sistemi rilevanti per la sicurezza a fronte delle sollecitazioni vibratorie previste durante l'esercizio in condizioni normali ed anormali.

Potenziali utenti: industria meccanica, aerospaziale, dei trasporti e nucleare.

Un'apparecchiatura rilevante per la sicurezza deve essere qualificata a fronte delle sollecitazioni vibratorie previste durante l'esercizio in condizioni normali ed anormali. Vibrazioni tipiche di quest'ultima classe sono quelle autoindotte nelle parti di impianto su cui l'apparecchiatura deve essere installata e trasmesse all'apparecchiatura stessa tramite le strutture di supporto. Per esempio, se l'apparecchiatura è montata su tubazioni, generatori o motori, le vibrazioni da tenere in considerazione sono quelle prodotte dall'avviamento e dal funzionamento a regime delle macchine, dalla circolazione del fluido nei tubi, dalle vibrazioni di apparecchiature vicine a quelle da qualificare.

Tra le attività di maggior rilievo condotte sugli impianti si citano le qualifiche a vibrazioni per:

- il microsatellite ALMASat QM-1 (specifiche ECSS-E-10-02A ed ECSS-E-10-03A);
- sistemi aeronautici FA ed HLA (specifiche M346 THERMAL INSULATING FOR ECS PIPES/DUCTS AND COCKPIT);
- lo Spettrometro Alpha Magnetic (AMS) per la stazione spaziale orbitante ESA (specifiche AMS-INFN in accordo con DO-160C).

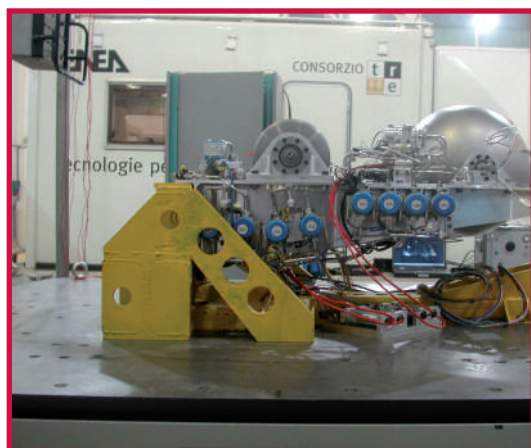


Eccitatori elettrodinamici	SISTEMA 1	SISTEMA 2
Dimensioni della tavola	61.0 cm	60.4 cm
Spinta massima	14.5 ton	2.7 ton
Prestazioni del sistema		
- Accelerazione	125 g (0-peak)	100 g (0-peak)
- Velocità	2 m/s (0-peak)	1.2 m/s (0-peak)
- Spostamento	2.54 cm (peak-peak)	2.54 cm (peak-peak)
Intervallo di frequenza	0 - 2000 Hz	0 - 2000 Hz
Dimensioni della tavola di scorrimento orizzontale	150 cm x 150 cm	60 cm x 60 cm

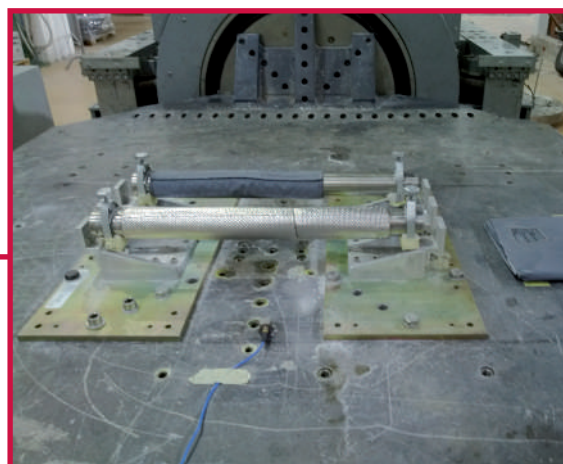
Shaker elettrodinamici per la qualifica a vibrazioni (Sistema 1 da 14,5 ton. di spinta e Sistema 2 da 2,7 ton. di spinta)



Microsatellite ALMASat QM-1



Spettrometro Alpha Magnetic (AMS)



Sistemi d'arma FA e HLA

The Laboratory performs drop and shock qualification tests of components and systems for industrial (MIL STD 167-1 standard), nuclear (ANSI N14.5 standard), railway transport (FS-IS402 standard) and aerospace (DO-160C, ECSS-E-10 standards) applications.

Potential users: electronics, mechanics, aerospace, transport and nuclear industries.

The "airplane impact" event, together with the seismic event and the Loss of Coolant Accident (LOCA), is one of the Design Basic Event (DBE) for systems and components relevant to nuclear plant safety. The shock test machine – located in the qualification laboratories at the ENEA Casaccia Research Centre – can induce one of the accident conditions postulated in the specifications for the nuclear type test qualification in order to demonstrate if the system or component has been properly designed and manufactured to prevent the accident from evolving to higher levels of danger.

Among the most important laboratory activities, it is worth mentioning the tightness tests on containers transporting plutonium solutions, in compliance with the reference standards ANSI N14.5-97 (American National Standard for Radioactive Material - Leakage Tests on Packages for Shipment).



Shock test facility



70 cm drop test of a container for plutonium solutions

Presso il Laboratorio possono essere effettuate prove di caduta ed urti per la qualifica di componenti e sistemi per applicazioni industriali (normative MIL STD 167-1), nucleari (normative ANSI N14.5), il trasporto ferroviario (normative F.S. - I.S.402) e l'industria aerospaziale (normative DO-160C, ECSS-E-10).

Potenziali utenti: industria elettronica, meccanica, aerospaziale, trasporti, nucleare.

L'evento "caduta di aereo", insieme con l'evento sismico e la rottura del circuito di raffreddamento del reattore (Loss of Coolant Accident, LOCA), rientra tra gli incidenti base (Design Base Event) postulati in fase di progetto. La prova con la macchina da shock in dotazione al Laboratorio riproduce una delle condizioni incidentali previste nelle prove di tipo per la qualifica nucleare, per verificare che le configurazioni ingegneristiche di sicurezza e protezione adottate siano idonee a prevenire l'evoluzione verso il livello di incidente grave.

Tra le attività maggiormente significative del Laboratorio si citano le prove di tenuta su contenitore di trasporto per soluzioni di plutonio, secondo la normativa di riferimento ANSI N14.5-97 (American National Standard for Radioactive Material - Leakage Test on Packages for Shipment).



Macchina per shock test



Test di caduta da 70 cm

The Laboratory performs climatic qualification tests on nuclear components and systems by way of climatic and salt fog chambers, thermostatic stoves for combined thermal aging and mechanical stress tests.

Potential users: electronics, mechanics, aerospace, transport and nuclear industries.

The climatic qualification tests consist of making systems and components undergo an accelerated process of thermal aging by simulating long-term operating environmental conditions in a short testing time. The stressors which the system and/or its components are subjected to are defined by laws of physical and chemical decay through measurable parameters aimed at obtaining physical and chemical properties similar to those resulting at the end of their operating life.

Amongst the most outstanding activities performed in the Laboratory, it is worth mentioning:

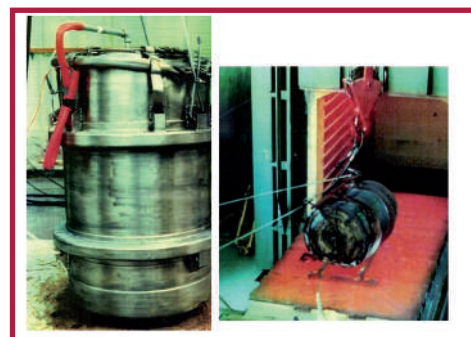
- qualification tests on containers transporting plutonium solutions (reference standards: ANSI N14.5-1997, MIL STD167-1, Nucleco IMIL-ILC 200.40.01. S 043, Nucleco IMILILC20.01.02.10 Q 004 REV. 1, UNI ISO 4628, UNI ISO12944);
- RHEINMETALL tests (reference standards: MIL-STD810 G).



Climatic and salt-fog chambers for environmental qualification tests of nuclear components and systems



Climatic chamber for combined tests of thermal cycles, mechanical stress and UV irradiation



Radioactive waste container after the 9 m fall test and the thermal aging test at 800 °C for 30 minutes

Il Laboratorio può effettuare la qualifica climatica di componenti e sistemi nucleari mediante camere climatiche, camere a nebbia salina, stufe termostatiche e camere climatiche per prove combinate di invecchiamento termico e sollecitazioni meccaniche.

Potenziali utenti: industria elettronica, meccanica, aerospaziale, trasporti, nucleare.

La qualifica climatica consiste nel sottoporre i componenti e sistemi in esame ad un processo accelerato di invecchiamento termico per simulare in un breve periodo di tempo un funzionamento di lunga durata. Le sollecitazioni imposte sono definibili con leggi di degradazione fisica o chimica mediante parametri misurabili, al fine di ottenere proprietà fisiche e chimiche simili a quelle determinate da un lungo periodo di utilizzo nelle condizioni di funzionamento di esercizio.

Tra le più significative attività svolte dal Laboratorio si citano:

- qualifica a urti, caduta e invecchiamento termico di contenitori di trasporto per soluzioni di plutonio (normative di riferimento: ANSI N14.5-1997, MIL STD 167-1, Nucleco IMIL-ILC 200.40.01. S 043, Nucleco IMIL-ILC 20.01.02.10 Q 004 REV. 1, UNI ISO 4628, UNI ISO 12944);
- prove RHEINMETALL (normativa di riferimento: MIL-STD 810 G).



Camere climatiche e camere a nebbia salina per qualifica ambientale di componenti e sistemi nucleari



Camera climatica per prove combinate di cicli termici, sollecitazioni meccaniche e irraggiamento UV



Contenitore di trasporto per soluzioni di plutonio dopo la prova di caduta da 9 m e invecchiamento termico a 800 °C per 30 minuti

The VAPORE experimental facility is designed to perform thermomechanical and fluid-dynamic tests on components and systems to be installed in nuclear and conventional power plants. VAPORE provides important support to industries operating in the framework of power plant engineering and mechanical and structural components of power generating plants. Actually it provides access to market opportunities available thanks to the relaunching of the nuclear option in Italy closely depending on the supply of innovative components and systems, to be qualified in actual operating conditions in compliance with a QA programme.

Potential users: industries interested in power plant engineering and mechanical and structural components to be installed in the main loops of power plants.

The VAPORE plant, designed by ENEA, was built in 1986 and upgraded in 1992. The main component is a PWR pressurizer operating both as a steam generator and accumulator of saturated steam and water. By means of pipings and control valves it is possible to feed – with controllable flow rates of steam or water – typical components and systems of the primary and secondary nuclear (and conventional) power plant, thus generating the actual process stresses and the environmental conditions needed to qualify the real performance of the components or systems being tested.

The operative flexibility and some aspects of the VAPORE plant configuration – that are unusual within similar test facilities (e.g., the large 400 m³ suppression pool thermally insulated to contain heated water up to 100 °C) allow to perform tests and/or fulfill requirements in a wide range of performances and for a large variety of test sections.

The main characteristics of VAPORE are:

- Test pressure: controllable up to 18 MPa
- Test temperature: bound to the test pressure (up to 357 °C)
- Saturated steam flow: controllable up to 300 kg/s
- Saturated water flow: controllable up to 600 kg/s.

Some activities and experimental campaigns performed on VAPORE are:

- Tests on the discharge system (quencher and piping) of a GE BWR reactor;
- Tests to qualify, under QA, the safety-relief valves (manufactured by Nuovo Pignone) to be installed on the former "Montalto di Castro" (Italy) Nuclear Power Plant;
- Tests to qualify, under QA on behalf of Westinghouse, the Automatic Depressurization System of the AP-600 PWR reactor, and to investigate and experimentally define the stresses on the piping and on the reactor building due to the Depressurization System actuation.



VAPORE plant building site:

- a) Pressurizer positioning
- b) Suppression pool and pool water heating system
- c) Test nozzles and discharge piping (part.)
- d) Steam control lines (part.)



Test of the automatic Depressurization System of the AP-600 reactor (Westinghouse). Overall view during a phase of the experimental campaign



Set of 4 Safety Relief Valves (to be installed on the former "Montalto di Castro" NPP, Italy) mounted for testing on the VAPORE plant

L'impianto VAPORE consente di effettuare prove termomeccaniche e fluidodinamiche su componenti e sistemi di impianti nucleari e convenzionali. Rappresenta, pertanto, un importante supporto per le industrie del settore dell'impiantistica e della componentistica meccanica e strutturale di processo essendo l'accesso alle opportunità di mercato, presentate dal rilancio dell'opzione nucleare in Italia, subordinato all'offerta di componenti e sistemi, anche innovativi, da qualificare in condizioni operative reali secondo regime di GQ.

Potenziali utenti: industrie del settore dell'impiantistica e della componentistica meccanica e strutturale di processo.

L'impianto, progettato da ENEA, è stato completato nel 1986 e potenziato nel 1992. È costituito da un pressurizzatore per impianti nucleari che funge da generatore di vapore e serbatoio di accumulo. Alimenta, con portate regolabili di vapore saturo o di acqua satura, componenti e sistemi tipici dei circuiti primari e secondari di impianti nucleari e di impianti convenzionali, riproducendo le sollecitazioni di processo e le condizioni ambientali necessarie per la qualifica funzionale delle apparecchiature in prova.

L'elasticità d'esercizio è una caratteristica peculiare di VAPORE: essa, grazie anche alla configurazione che presenta aspetti unici nel panorama degli impianti simili (come ad es. la piscina di scarico termicamente coibentata da 400 mc), consente di effettuare prove funzionali in una vasta gamma di tipologie e prestazioni.

Le prestazioni principali di VAPORE sono:

- Pressione di esercizio: regolabile fino a 18 MPa
- Temperatura di esercizio: da T ambiente a 357 °C
- Portata vapore saturo: regolabile fino a 300 kg/s
- Portata acqua satura: regolabile fino a 600 kg/s.

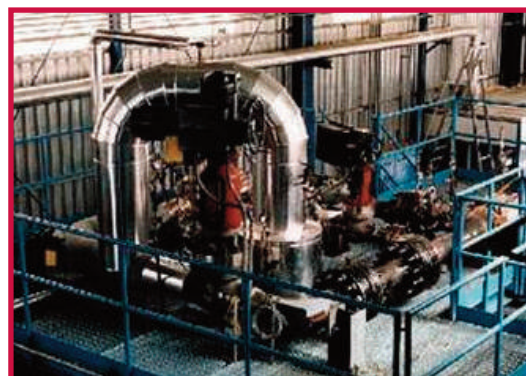
L'impianto VAPORE è stato impiegato, tra l'altro, per:

- attività di verifica sperimentale del sistema di scarico di reattore BWR General Electric;
- la qualificazione in Gestione della Qualità, per conto Nuovo Pignone, della fornitura di valvole di sfioro-sicurezza destinate alla centrale nucleare di Montalto di Castro;
- attività di qualifica in GQ, per conto Westinghouse, del sistema completo di depressurizzazione automatica del reattore PWR AP600 e per la determinazione sperimentale delle sollecitazioni sulle strutture del piping e dell'edificio reattore.



Fasi di realizzazione dell'impianto VAPORE:

- a: posizionamento del generatore di vapore
- b: piscina di scarico e sistema di riscaldamento dell'acqua di piscina
- c: particolare di alcune postazioni di prova e della tubazione di scarico
- d: particolare del sistema di gestione della fase vapore



Prove del sistema automatico di depressurizzazione del reattore AP-600 (Westinghouse). Vista d'assieme in una fase della campagna sperimentale



Allestimento sull'impianto VAPORE di 4 valvole di sfioro-sicurezza destinate alla centrale nucleare di Montalto di Castro (anno 1987)

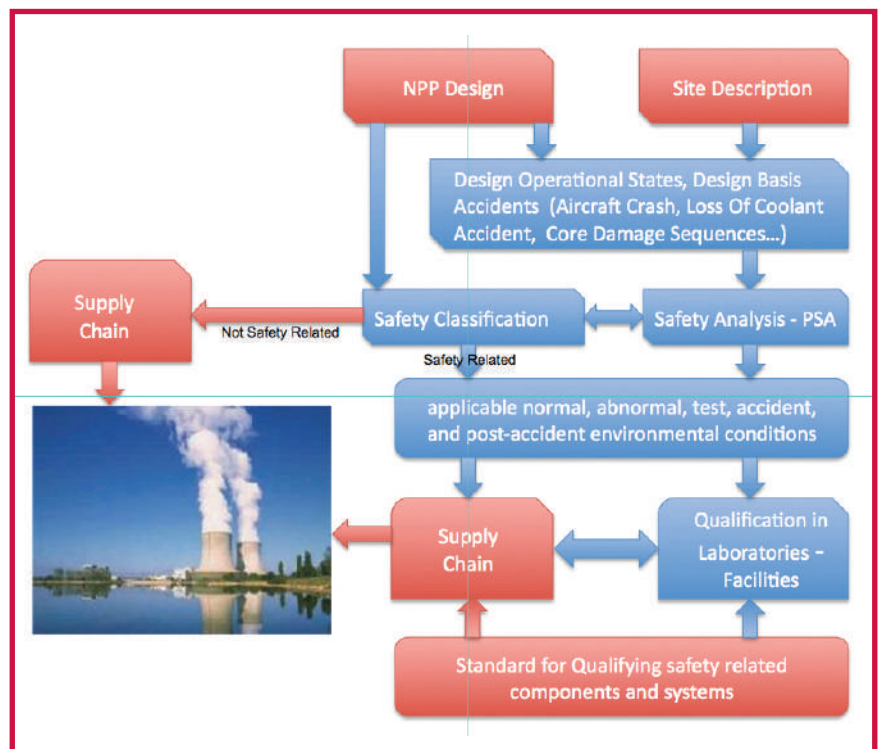
The Laboratory performs safety studies including PRA – Probabilistic Risk Assessment – up to level 3. It also provides support to the analytical and experimental qualification of components, and to the definition of the operative conditions for the experimental qualification of production processes and systems. The Laboratory boasts wide expertise for reliability analysis and computer models implementation based on codes developed and validated within European collaboration programmes aimed at studying the incidental evolution of generation 3 and 3+ LWRs. It owns a complete database on the facilities and regulations for safety and seismic classification, and for nuclear qualification as well. It performs system analyses targeted at the starting-up, the setting into operation, the management of design-based accidents and beyond design-based accidents (BDBA).

Potential users: safety bodies and institutions, research bodies, universities, nuclear industry.

The Laboratory was set up at the end of 1980s to work on AP600 and SBWR reactors within ENEA-ENEL-Ansaldo Nucleare activities in collaboration with Westinghouse and General Electric. It has been involved in the following activities:

- MSE-ENEA Programme Agreement, Programme Line 5, "Supporto all'Autorità istituzionale di sicurezza per gli iter Autorizzativi dei reattori di III generazione. Comparazione delle attuali opzioni scientifiche e tecnologiche" (Support to the safety Authority for the authorization procedures related to Generation III reactors. Comparing the current scientific and technological options);
- Agreement between ENEA and CIRTEN (Italian Inter-university Consortium for Nuclear Technology Research: Politecnico di Milano, Politecnico di Torino, Universities of Rome, Palermo, Pisa, Bologna and Pavia);
- ENEA-CEA (Commissariat à l'Energie Atomique) Collaboration Agreement;
- 12 UNICEN work groups for enterprise nuclear qualification.

Support to analytical and experimental component qualification and definition of the operative conditions for the experimental qualification of production processes and systems



Il Laboratorio effettua studi di sicurezza, incluso probabilistic risk assessment – PRA – fino al livello 3, e offre supporto alla qualificazione analitica e sperimentale di componenti e alla definizione delle condizioni operative per la qualificazione sperimentale di sistemi e processi produttivi.

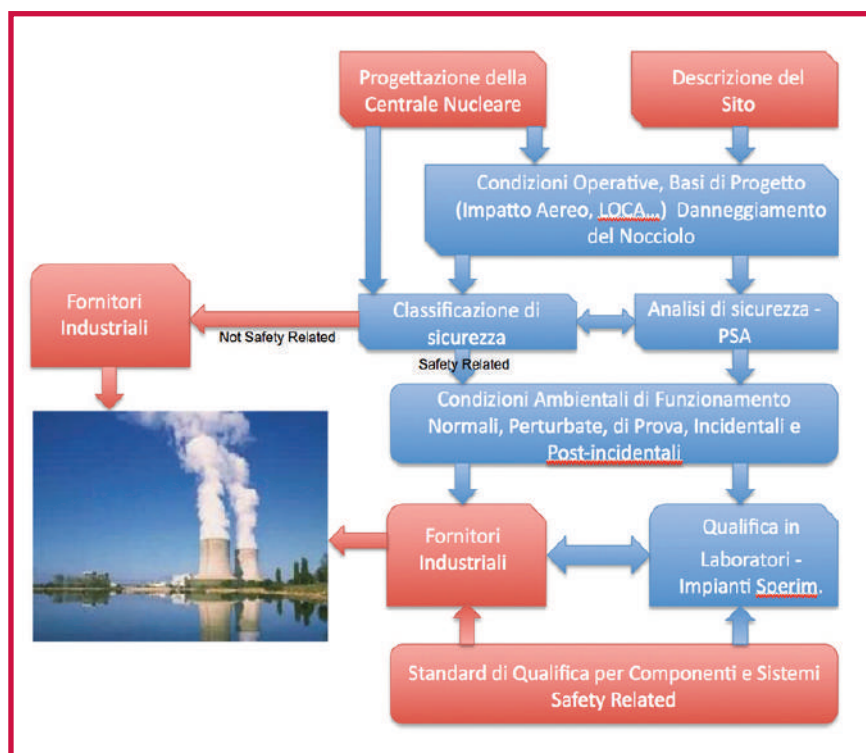
Il Laboratorio è dotato di competenze per analisi di affidabilità e per l’implementazione di modelli in piattaforme di codici sviluppati e validati in collaborazioni europee per lo studio dell’evoluzione incidentale di reattori LWR di generazione 3 e 3+. Dispone delle basi dati sugli impianti e sulla normativa per la classificazione sismica e di sicurezza e per la qualificazione nucleare. Effettua analisi di sistema finalizzate all’avviamento, all’esercizio, alla gestione degli eventi base di progetto (DBA) e oltre (BDBA).

Potenziali utenti: enti e istituti per studi sulla sicurezza, enti di ricerca, università, industrie del settore nucleare.

Il Laboratorio, costituitosi alla fine degli anni 80 per attività sui reattori AP600 e SBWR nell’ambito della collaborazione di ENEA-ENEL-Ansaldo Nucleare con Westinghouse e General Electric, è stato impegnato in:

- Accordo di programma MSE-ENEA linea programmatica 5: “Supporto all’Autorità istituzionale di sicurezza per gli iter Autorizzativi dei reattori di III generazione. Comparazione delle attuali opzioni scientifiche e tecnologiche”;
- Accordo ENEA-CIRTEN (Consorzio Interuniversitario per la ricerca tecnologica nucleare: Politecnici di Milano e Torino e Università di Roma, Palermo, Pisa, Bologna e Pavia);
- Accordo di collaborazione ENEA-Commissariat à l’Energie Atomique;
- tutti i 12 gruppi di lavoro UNICEN finalizzati alla qualificazione nucleare delle imprese.

Supporto alla qualificazione analitica e sperimentale di componenti e definizione delle condizioni operative per la qualificazione sperimentale di sistemi e processi produttivi



SIET S.p.A. - shared by ENEA, ENEL, Ansaldo, Politecnico di Milano and Tectubi-Raccordi - is the only Italian company with large experimental facilities allowing to fully simulate the thermo-fluid-dynamic behavior of LWR components and systems. SIET performs tests for the safety of nuclear power plants in real operating conditions.

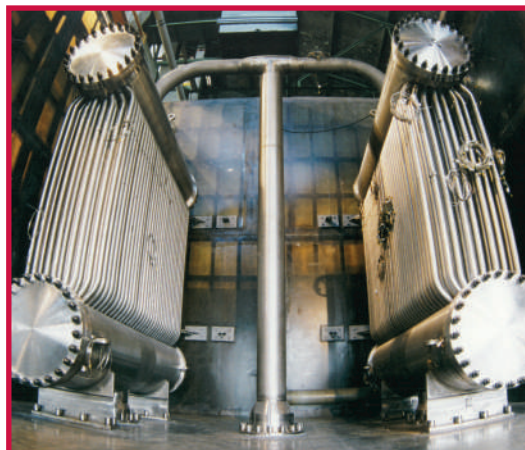
Potential users: Safety Boards (for authorization procedures), Italian industry (R&D and qualification of products sold in Italy and abroad).

SIET was set-up in the 80s with the purpose of performing tests for the safety of nuclear power plants. In the following years SIET operated its facilities for experimental campaigns commissioned from abroad: United States, Japan, South Korea. SIET also participated, in collaboration with ENEA, in EU research framework programs in the field of Nuclear Fission. SIET participates in the IRIS reactor research programme funded as per Programme Agreement between ENEA and the Italian Ministry for Economic Development.

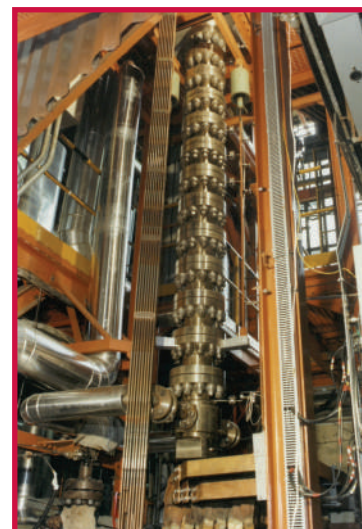
In terms of fluid/energy potential SIET ranks high in the international community: most tests are performed with fluids at the reference reactor's operating conditions. The Company may also rely on a team of experienced specialists in the disciplines of interest: experimental thermal fluid dynamics, engineering for testing facilities, metrology and computer code calculation.

SIET experimental facilities can provide many kinds of testing services:

- performing of transients on PWR integral simulators;
- thermo-mechanical testing on decay heat removal systems of LWR reactors;
- thermal fluid dynamics testing on nuclear plant components: rod clusters, steam generators, heat exchangers, steam-water separators, jet pumps;
- different kinds of tests on control/ safety/isolation valves: measurement of flow coefficient, measurement of cavitation parameters, functional tests of opening/closing cycles and thermal shocks;
- determination of the centrifugal and volumetric pump characteristic curves;
- thermo-mechanical tests on pipings and fittings: high-temperature pressurization with structural measurements, noise and vibration measurements, bursting tests in water.



Thermo-mechanical tests on decay heat removal systems of LWR reactors (PCC SBWR reactor: 10 MW, 175 m³)



Dry-out tests on a rod cluster of a BWR reactor (power: 10 MW; pressure: 70 bar)



Pressurization tests on an isolation valve

La SIET - Società per Azioni partecipata da ENEA, ENEL, Ansaldo, Politecnico di Milano e Tectubi-Raccordi - è l'unica realtà nazionale che possiede impianti sperimentali di grande taglia in grado di simulare il comportamento termo-fluidodinamico di componenti e sistemi di reattori LWR. È in grado di eseguire prove per la sicurezza degli impianti nucleari di potenza in condizioni operative reali.

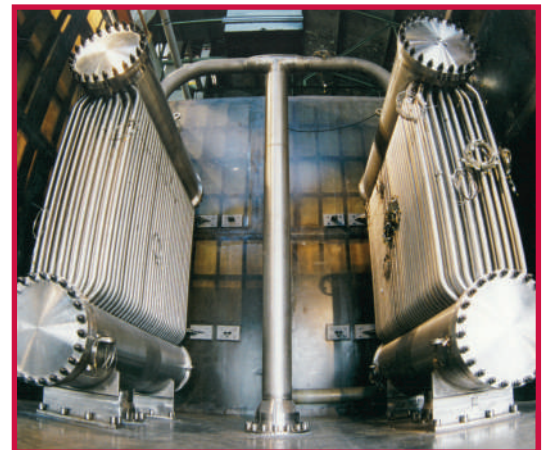
Potenziali utenti: Agenzia nazionale di sicurezza (per gli iter autorizzativi), industria nazionale (per lo sviluppo e qualificazione dei prodotti venduti in Italia e all'estero).

SIET è nata negli anni 80 con lo scopo di eseguire prove per la sicurezza degli impianti nucleari di potenza. In seguito ha mantenuto in esercizio i propri impianti sperimentali per attività dall'estero: Stati Uniti, Giappone, Corea del Sud ed ha partecipato, in collaborazione con ENEA, ai programmi quadro della UE nel settore "Fissione Nucleare". SIET partecipa al programma di ricerca sul reattore IRIS finanziato nell'ambito del AdP MSE-ENEA.

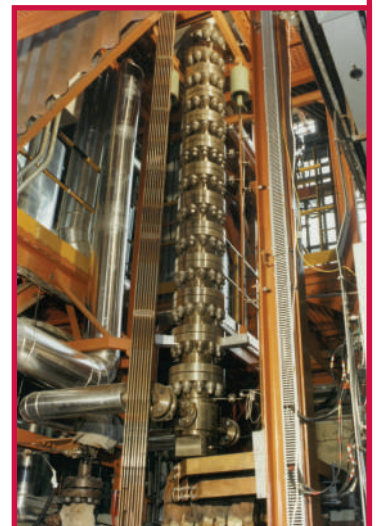
In termini di potenzialità SIET si colloca ai primi posti su scala internazionale: la maggior parte dei test è eseguita con i fluidi alle condizioni reali di funzionamento del reattore di riferimento. La Società può inoltre contare su un gruppo di specialisti esperti nelle discipline di interesse: la termo-fluidodinamica sperimentale, l'ingegneria degli impianti per il testing, la metrologia e il calcolo con codici numerici.

Il parco di impianti sperimentali SIET può offrire numerosi servizi di prova:

- Riproduzione di sequenze incidentali su simulatori integrali di impianti nucleari PWR;
- Prove termo-meccaniche di sistemi di rimozione del calore di decadimento di reattori LWR;
- Prove termo-fluidodinamiche di componenti di impianti nucleari: rod cluster del reattore, generatori di vapore, scambiatori di calore, separatori acqua-vapore, pompe a getto;
- Prove varie su valvole di regolazione, sicurezza, intercettazione: misura coefficiente di efflusso, misura di parametri di cavitazione, resistenza a cicli di apertura/chiusura e shock termici;
- Determinazione delle curve caratteristiche di pompe centrifughe ed alternative;
- Prove termo-meccaniche su tubazioni e raccordi: pressurizzazione a caldo con misure strutturali, misure di vibrazione e di rumore, prove di scoppio in acqua.



Prove termo-meccaniche di sistemi di rimozione del calore di decadimento di reattori LWR (PCC reattore SBWR: 10 MW, 175 m³)



Prove di crisi termica su fascio di barre reattore BWR (potenza: 10 MW; pressione: 70 bar)



Prove di pressurizzazione su valvola di intercettazione

The IETI plant is a multipurpose facility allowing to perform thermal hydraulic tests on different kinds of components with water/steam/water-steam mixture, in a wide range of thermodynamic conditions. IETI can also be used for university training in the fields of basic and applied thermo-fluid dynamics.

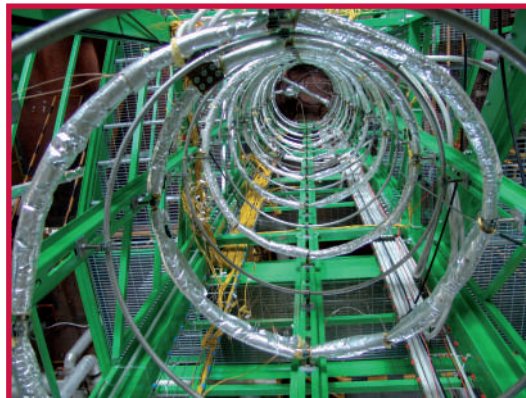
Potential users: industry (R&D and qualification), Safety Boards (for safety design verification), universities (for experimental campaigns or training).

Operating conditions:

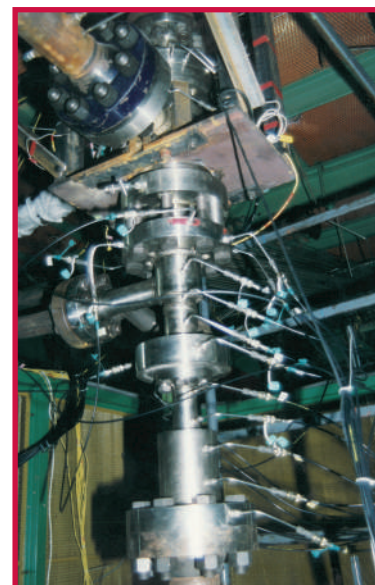
- water (250 bar, 370 °C, 13 kg/s)
- superheated steam (100 bar, 500 °C, 4 kg/s)
- water-steam mixture (steam quality from 0 to 100%).

Mainly-performed tests:

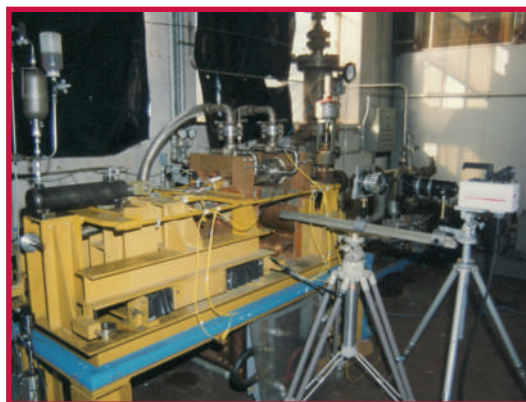
- dry-out tests on a 64-rod cluster to qualify the General Electric BWR fuel element;
- heat transfer tests (commissioned by ENEA) on tubular and annular test sections simulating LWR sub-channels and tube bundles typical of PWR steam generators;
- operating tests (commissioned by ENEA) on PWR pressurizers and their safety valves;
- basic tests (commissioned by ENEA) on particular thermal hydraulic behaviours for applications on LWR components (PWR pressurizer flooding, Reflux Condensation in PWR SG tubes);
- various tests on passive devices for LWR safety systems (Steam Injectors) on behalf of various organizations and institutions (Cise, Enel, Siemens, EU, Toshiba);
- heat transfer tests on the helicoidal tubes of the IRIS reactor steam generator for Politecnico di Milano;
- hydraulic nozzle tests for powerful jets used in metallurgy descaling;
- calibration and development of special instrumentation for measurements on fluids in two-phase flow conditions.



IETI facility: heat transfer tests on helicoidal tubes of the IRIS steam generator



IETI facility: CISE steam injector tests for passive injection in LWRs (pressure: 20÷90 bar)



IETI facility: heat transfer tests with very-high thermal flows (up to 37 MW/m²)

L'impianto IETI è una facility "multipurpose" che consente di effettuare prove termoidrauliche su componenti di diversa tipologia con acqua, vapore o miscela bifase, in un campo molto ampio di condizioni termodinamiche. È impiegabile anche per attività didattica a livello universitario per gli studi nel campo della termo-fluidodinamica di base e applicata.

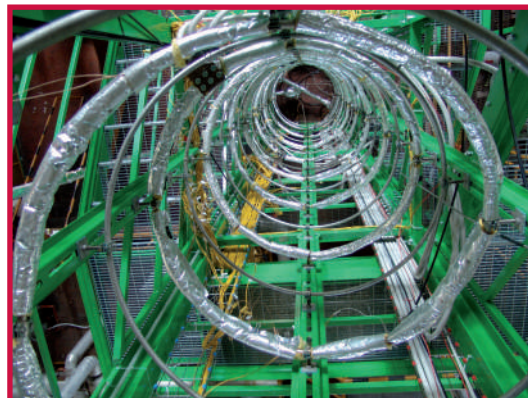
Potenziati utenti: industria (per ricerca e sviluppo nonché qualificazione), Autorità di Sicurezza (per la verifica del progetto ai fini della sicurezza), sistema universitario (per studi sperimentali e per scopi didattici).

Condizioni operative dell'impianto:

- acqua (250 bar, 370 °C, 13 kg/s)
- vapore surriscaldato (100 bar, 500 °C, 4 kg/s)
- miscela bifase acqua-vapore (titolo 0÷100 %).

Principali prove effettuate sull'impianto IETI:

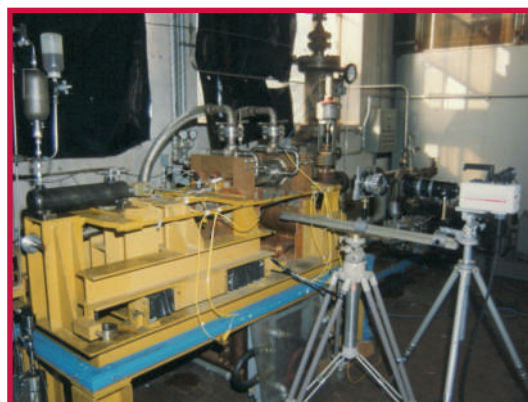
- Prove di crisi termica sul cluster "64 barre" finalizzate alla qualifica dell'elemento di combustibile del BWR General Electric;
- Prove di scambio termico su sezioni di prova tubolari ed anulari riproducenti sotto-canali di reattori LWR e su fasci tubieri tipici di generatori di vapore PWR per ENEA;
- Prove di funzionalità di pressurizzatori PWR e relative valvole di sicurezza per ENEA;
- Prove di base su particolari fenomenologie termoidrauliche per applicazioni su componenti LWR (flooding pressurizzatore PWR, Reflux Condensation nei tubi dei GV PWR) per ENEA;
- Prove varie di dispositivi passivi per i circuiti di emergenza LWR (Steam Injectors) per conto di varie organizzazioni e istituzioni (Cise, Enel, Siemens, UE, Toshiba);
- Prove di scambio termico su tubi elicoidali del generatore di vapore del reattore IRIS per il Politecnico di Milano;
- Prove di ugelli idraulici per getti di grande potenza per la "descagliatura" di prodotti dell'industria siderurgica;
- Taratura e messa a punto di strumentazione speciale per misure su fluidi bifase.



Impianto IETI: prove di scambio termico su tubi elicoidali del generatore di vapore IRIS



Impianto IETI: prove di steam injector CISE per iniezione passiva in LWR (pressione: 20÷90 bar)



Impianto IETI: prove di scambio ad elevatissimi flussi termici (fino a 37 MW/m²)

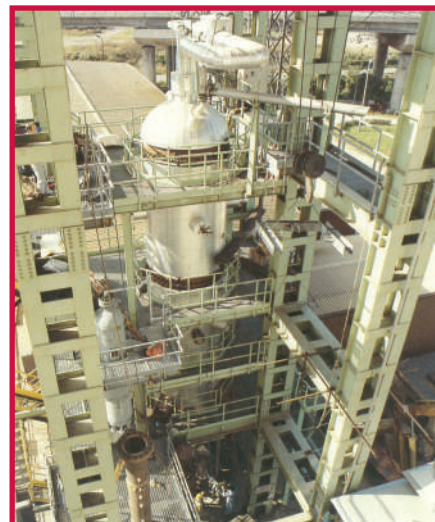
The GEST facility high capabilities allow to perform full-scale and full operating condition tests on different components of the LWR thermal cycle.

Potential users: Safety Boards (for authorization procedures), Italian industry (R&D and Qualification of products sold in Italy and abroad).

The GEST plant has been designed to perform R&D and experimental qualification tests of PWR steam generators in real operating conditions (steam-water mixture at high pressure). The GEST plant includes three different facilities sharing some sub-systems: GEST-GEN for testing steam generators, GEST-SEP for steam-water separator experiments, PANTHERS for testing decay heat removal systems of nuclear reactors.

- The GEST-SEP facility allows to measure the efficiency of steam-water separators for both BWRs and PWR steam generators. Typical test conditions: pressure 60÷80 bar; fluid flow-rate 50÷200 kg/s; separator inlet steam quality 5÷25%. In the last decade more than twenty experimental campaigns have been performed on behalf of international organizations such as Westinghouse, Mitsubishi, Doosan, Toshiba.
- The GEST-GEN facility can perform tests on components such as PWR steam generators for heat transfer rate measuring in steady state conditions or for behavior verification in transient conditions also under thermal hydraulic instability. Mention must be made of the experimental campaign on the ISIS reactor's helicoidal-tube steam generator prototype (20 MW), designed by Ansaldo Nucleare.
- The PANTHERS facility allows to perform tests on pool-immersion heat exchangers. The certification programs of the SBWR PCCS and ICS systems have been carried out on this facility by a team composed of SIET, ENEL, ENEA and General Electric.

The whole GEST plant can be used to perform tests with high flow-rates (up to 200 kg/s, water; up to 40 kg/s, steam) on different nuclear plant components such as safety and control valves, heat exchangers and fluid velocity measurement devices.



GEST plant vessel (volume: 45 m³, height: 15 m)



SBWR Isolation Condenser testing on the PANTHERS facility (power: 20 MW)



GEST plant steam compressor (power: 1 MW, flowrate: 40 kg/s, pressure: 70 bar)

Le elevatissime potenzialità del laboratorio GEST della SIET consentono l'effettuazione di test a piena scala e a condizioni reali di esercizio su diversi componenti caratterizzanti il ciclo termico degli impianti nucleari raffreddati ad acqua (LWR).

Potenziali utenti: Agenzia Nazionale di Sicurezza (per gli iter autorizzativi), industria nazionale (per lo sviluppo e qualificazione dei prodotti venduti in Italia e all'estero).

Il Laboratorio è stato progettato per eseguire prove di ricerca/sviluppo e di qualificazione sperimentale di generatori di vapore PWR in condizioni operative reali (miscela acqua-vapore ad alta pressione). Include tre facility distinte che condividono alcuni sotto-sistemi di impianto: GEST-GEN, per test sui generatori di vapore, GEST-SEP per test su separatori acqua-vapore, PANTHERS per prove su sistemi per la rimozione del calore di decadimento di reattori nucleari.

- La facility GEST-SEP consente di misurare l'efficienza di separatori acqua-vapore per impieghi sia nel reattore bollente (BWR) sia nel generatore di vapore del reattore pressurizzato (PWR). Condizioni di prova tipiche: pressione: 60÷80 bar; portata di fluido: 50÷200 kg/s; titolo di vapore ingresso separatore: 5÷25 %. Nell'ultimo decennio sono state effettuate oltre venti campagne sperimentali per conto di organizzazioni internazionali quali Westinghouse, Mitsubishi, Doosan, Toshiba.
- La facility GEST-GEN consente di effettuare test su componenti quali generatori di vapore PWR (ma non solo) finalizzati alla misurazione dello scambio termico in regime stazionario oppure alla verifica del comportamento in regime transitorio o in condizioni di instabilità termoidraulica. Da segnalare la campagna sperimentale sul prototipo di generatore a tubi elicoidali del reattore ISIS (20 MW), progettato da Ansaldo Nucleare.
- La facility PANTHERS consente di eseguire test su sistemi di rimozione del calore del tipo a scambiatore immerso in piscina d'acqua. Su questa facility fu condotto il programma di certificazione dei sistemi PCCS e ICS del reattore SBWR, cui parteciparono SIET, ENEL, ENEA e General Electric.

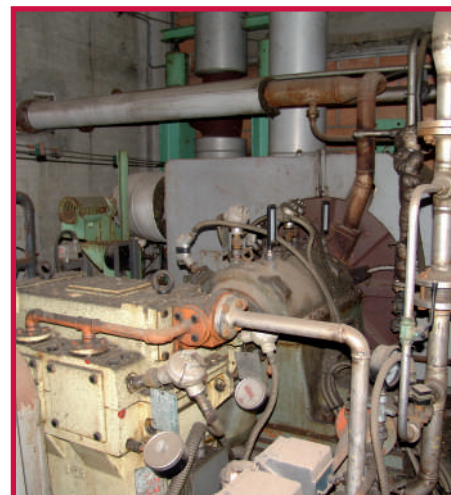
Il laboratorio GEST nel suo complesso può essere impiegato per condurre test a caldo con elevate portate di acqua (fino a 200 kg/s) e vapore (fino a 40 kg/s) anche su altri componenti di impianti nucleari come valvole di regolazione e di sicurezza, scambiatori di calore, dispositivi per la misura della velocità dei fluidi.



Vessel Impianto GEST (volume: 45 m³, altezza: 15 m)



Isolation Condenser SBWR in prova su facility PANTHERS (potenza: 20 MW)



Compressore di vapore dell'impianto GEST (potenza: 1 MW, portata: 40 kg/s, pressione: 70 bar)

The SIET SPES (Simulatore Pressurizzato per Esperienze di Sicurezza – pressurized simulator for safety tests) plant includes experimental facilities simulating, with significant scaling factor and at full operating conditions, the major systems of a PWR reactor (155 bar, 330 °C primary side). Tests typically reproduce reference reactor accidental transients such as, for example, loss of coolant accident (LOCA). SPES may also be used for both internal training of utility technical personnel and university and post-graduate training activities.

Potential users: Safety Boards (for authorization procedures), Italian industry (R&D and qualification of products sold in Italy and abroad), utilities (training of technical personnel), universities (graduate and post-graduate training activities).

SPES tests allow to predict the reactor behavior in critical situations and to develop suitable computer codes for reactor safety verifications supporting designers and Safety Boards.

The plant includes two facilities, SPES-2 and SPES-3, sharing infrastructures and auxiliary systems:

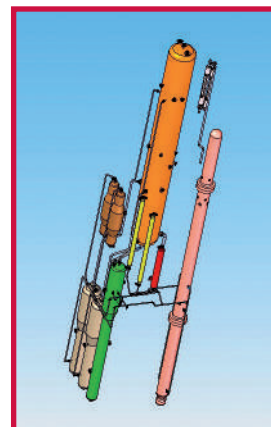
- SPES-2 is a full-height facility, 1:400 scaled for volume and power. SPES-2 simulates the primary circuit, part of the secondary system and all the safety systems of Westinghouse AP-600 reactor. On this facility SIET conducted the main part of the experimental program for the reactor certification; the experimental campaign brought to the acquisition of NRC licensing.
- The SPES-3 facility, currently under construction, has been designed by SIET for the simulation of Generation III+ IRIS reactor (International Reactor Innovative and Secure). IRIS is an integral-type pressurized water reactor. SPES-3 is a full-height facility, 1:100 scaled for volume. SPES-3 simulates the Reactor Pressure Vessel, the safety systems and containment. The power is 6.5 MW. SPES-3 experimental tests allow to study the thermal hydraulic interactions between LWR primary circuit and containment. It is the first time that these kind of experiences are planned on a facility with such capabilities.



SPES-2 experimental facility: North side view, passive safety system (total height: 30 m)



SPES-2 experimental facility: upper head of the power channel (power: 5 MW, n. 97 heated rods)



SPES-3 experimental facility: general lay-out (total height: 30 m; total volume: 80 m³)

Il Laboratorio SPES (Simulatore Pressurizzato per Esperienze di Sicurezza) della SIET comprende impianti sperimentali in grado di simulare in scala significativa i principali sistemi di un reattore PWR, alle stesse condizioni termodinamiche del reattore (155 bar, 330 °C lato primario). Le prove tipiche effettuabili consistono nella riproduzione di transitori incidentali prevedibili per il reattore di riferimento come, ad esempio, incidenti di perdita di refrigerante (LOCA). SPES può inoltre essere impiegato per attività di training del personale tecnico delle Utilities e per attività formativa a livello universitario e post-universitario.

Potenziali utenti: Agenzia nazionale di sicurezza (per gli iter autorizzativi), industria nazionale (per lo sviluppo e qualificazione dei prodotti venduti in Italia e all'estero), utilities (per training del personale tecnico), sistema universitario (per attività formativa a livello universitario e post-universitario).

Le prove effettuabili con l'impianto SPES consentono di prevedere il comportamento del reattore in situazioni critiche e di mettere a punto idonei strumenti di calcolo per le verifiche di sicurezza del reattore, in supporto sia al progettista sia all'agenzia di sicurezza.

Il Laboratorio include due facility, SPES-2 e SPES-3, che condividono infrastrutture e sistemi ausiliari:

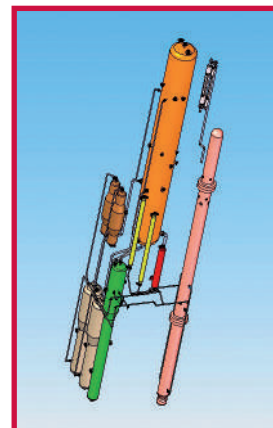
- La facility SPES-2 simula a piena scala in elevazione e in scala 1:400 per volumi e potenze il circuito primario, parte del secondario e tutti i sistemi di sicurezza del reattore AP-600 della Westinghouse. Su questa facility SIET ha condotto la parte principale del programma sperimentale di certificazione del reattore che si è concluso con l'ottenimento del licensing NRC.
- La facility SPES-3, in corso di realizzazione, è stata progettata da SIET per la simulazione del reattore di generazione 3+ IRIS (International Reactor Innovative and Secure). IRIS è un reattore ad acqua pressurizzata di tipo integrale. SPES-3 simula a piena scala in elevazione ed in scala 1:100 sui volumi il "Reactor Pressure Vessel", i sistemi di emergenza e il contenimento di IRIS. La potenza è pari a 6,5 MW. SPES-3 consentirà di studiare sperimentalmente l'accoppiamento termoidraulico circuito primario-contenimento di un reattore LWR, esperienze finora mai effettuate, a livello internazionale, su facility di potenzialità comparabili a quelle di SPES-3.



Impianto sperimentale SPES-2: vista laterale Nord zona sistemi sicurezza passivi (altezza totale impianto: 30 m)



Impianto sperimentale SPES-2: testata superiore del canale di potenza (potenza: 5 MW, n. 97 barre riscaldate)



Impianto sperimentale SPES-3: lay-out generale (altezza totale: 30 m; volume totale: 80 m³)

II - SUPPORT TO NUCLEAR QUALIFICATION ACTIVITIES

**II - ATTIVITA' A SUPPORTO DELLE
QUALIFICHE NUCLEARI**

The CETRA Laboratory performs the chemical, physical-mechanical and radiological characterization of matrices for conditioning toxic and/or radioactive wastes. The Laboratory studies, qualifies and sets up processes for treating and conditioning radioactive wastes in accordance with the Technical Guide 26 – ENEA-DISP (ISPRA) for the management of radioactive waste, and IAEA.

Potential users: nuclear fuel cycle operators (Sogin, ENEL, Ansaldo, etc.).

The qualification of the conditioning processes consists of a series of activities aimed at demonstrating that the matrix resulting from the conditioning process complies with the minimum requirements for interim storage, transport and clearance of waste. The chemical, physical-mechanical and radiological properties are tested on "specimens" in scale model, obtained via the employment of chemical elements simulating radionuclides.

The major tests performed are: compressive strength; cyclic temperature gradient resistance; radiation damage resistance; fire resistance; leaching test; free liquid absence; bio-degradation resistance and immersion resistance. Some tests (bio-degradation resistance, leaching test and radiation damage resistance) are performed in cooperation with other ENEA laboratories.

Additional tests are performed in order to integrate basic information with further structural, physical, chemical and mechanical studies: heat of hydration of cement; setting-time of cement pastes; resistance to aggressive solutions; depth of penetration of water under pressure; fineness and porosity.



*Cyclic Temperature Gradient Resistance:
Climatic Chamber Angelantoni Challenge
CH 250 C*



*Specimens Maturing:
Climatic Chamber Angelantoni Challenge
CH 500 VP*



*Compressive strength:
Hydraulic Press Tecnotest KC 150*

Il Laboratorio CETRA consente l'esecuzione di prove di caratterizzazione chimica, fisica e meccanica su matrici cementizie per il condizionamento di rifiuti tossici e/o radioattivi. Il Laboratorio studia, qualifica e mette a punto processi per il trattamento e il condizionamento di rifiuti radioattivi in accordo con i criteri stabiliti dal documento di riferimento nazionale Guida Tecnica n. 26 – ENEA-DISP (ora ISPRA) e dall'organo internazionale di controllo IAEA.

Potenziali utenti: operatori del settore del ciclo del combustibile nucleare (Sogin, ENEL, Ansaldo ecc.).

La qualificazione dei processi di condizionamento consiste in una serie di attività finalizzate a dimostrare che le matrici risultanti dal processo di condizionamento rispettano i requisiti minimi richiesti per il deposito temporaneo, il trasporto e lo smaltimento finale dei rifiuti. Le proprietà chimiche, fisico-meccaniche e radiologiche delle matrici di condizionamento vengono determinate tramite opportuni test su "provini" di laboratorio o prototipi di manufatti in opportuna scala, simulanti i rifiuti condizionati.

Le prove principali previste dalla Guida Tecnica n. 26 sono: resistenza alla compressione, resistenza a cicli termici, resistenza all'irraggiamento, resistenza al fuoco, prova di lisciviazione, liquidi liberi, resistenza alla biodegradazione e resistenza all'immersione. Alcune prove (resistenza alla biodegradazione, prova di lisciviazione e resistenza all'irraggiamento) sono condotte in collaborazione con altri laboratori ENEA.

In aggiunta, nel Laboratorio si effettuano prove per la determinazione di alcune proprietà strutturali, fisiche, chimiche e meccaniche: calore di idratazione del cemento, tempo di presa, resistenza alle soluzioni aggressive, permeabilità all'acqua sotto pressione, finezza e porosità.



Resistenza a cicli termici:
Camera climatica Angelantoni
Challenge CH 250 C



Stagionatura:
Camera climatica Angelantoni Challenge
CH 500 VP



Resistenza a compressione:
Pressa Tecnotest KC 150

In the Metallography and Control Laboratory several analyses on materials can be performed. Namely, the Laboratory is equipped with instrumentation for the following analyses: surface properties, geometrical form and dimensions; microstructure and chemistry; mechanical characterization. Analyses are performed on material specimens tested in experimental facilities in hostile environments (liquid metals or molten salts), and at high or cryogenic temperatures.

Potential users: research agencies, manufacturers of materials for nuclear industry, inspecting institutes.

The Laboratory exists since 1976. It is ISO 9001 certified since 2005. The latest acquired equipment composed of: an X-ray diffractometer, an X-ray spectrometer (2002) and a new scanning electron microscope (2008).

Activities are related to European projects as regards: thermonuclear fusion (IFMIF, TBM for ITER projects); nuclear fission power (Tecla, Eurotrans, Europart, Acsept, Vella, Getmat, Elsy, Leader); thermodynamic solar energy generation.

In particular, the technical know-how collected in the last few years has been applied to reactor technology development and to spallation source characterization in heavy liquid metals. Results are reported in: "Handbook on Lead Bismuth eutectic alloy and Lead properties..." published by NEA (ISBN 978-92-64-99002-9).



Diffractometer for chemical compound identification



Electronic microscope with microanalysis equipment

Laboratory outlook



Il Laboratorio può essere impiegato per la post test analysis di materiali strutturali. È dotato di apparecchiature per l'analisi della superficie, della forma, della dimensione, della microstruttura e di alcune caratteristiche meccaniche. Consente l'analisi di materiali sottoposti a sperimentazione in ambiente ostile (metalli liquidi, sali fusi, alta temperatura, temperatura criogenica) e a prove distruttive.

Potenziali utenti: enti di ricerca, fabbricanti di componenti nucleari, soggetti ispettivi.

Il Laboratorio, entrato in funzione nel 1976, ha ottenuto la certificazione ISO 9001 nel 2005. È stato continuamente aggiornato con acquisizione di nuove apparecchiature, le ultime delle quali sono state lo spettrometro a fluorescenza di raggi X, il diffrattometro a raggi X (2002) e un microscopio elettronico a scansione (2008).

Il Laboratorio è stato ed è tuttora impegnato in differenti progetti riguardanti la Fusione (IFMIF, TBM per ITER), la Fissione nucleare (Tecla, Eurotrans, Europart, Acsept, Vella, Getmat, Elsy) ed il Solare Termico ad alta temperatura.

Il Laboratorio ha partecipato alla raccolta di informazioni e conoscenze al fine di sviluppare la tecnologia dei reattori e sorgenti di spallazione in metallo liquido pesante. I risultati sono raccolti in "Handbook on Lead Bismuth eutectic alloy and Lead properties..." edito dalla NEA (ISBN 978-92-64-99002-9)



Diffrattometro per identificazione composti chimici



Microscopio elettronico con Microanalisi

Panoramica del laboratorio



This Laboratory can perform qualification testing of the mechanical properties of structural materials. The Laboratory is provided with vacuum chambers and special mechanical equipment enabling tests in hostile environments and/or at temperatures between 20 K and 1200 K.

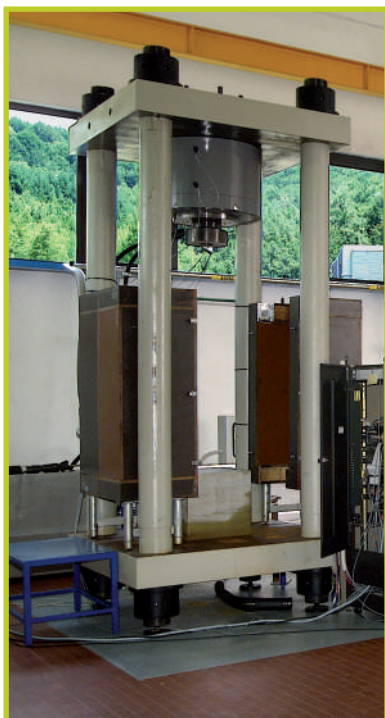
Potential users: research boards, manufacturers of nuclear components, inspection agencies.

Set up in 1990, the Laboratory is equipped with fatigue-testing machines to measure resistance to tensile and compressive stress from 50, 100, 500 kN and also with an 8000 kN compressive stress machine, entirely designed by ENEA.

The Laboratory activities are mainly focused on projects relating to thermonuclear fusion, but have also been performed in support to private companies, by carrying out friction tests in the cryogenic chamber to characterise antifriction materials, as well as fatigue tests on structural materials in hostile environment (lead – lithium alloy at 400 °C).



500 kN MTS fatigue-testing machine



8000 kN compressive stress machine

Laboratory overview



Il Laboratorio può effettuare prove di qualificazione delle proprietà meccaniche dei materiali strutturali anche in ambienti ostili e a temperature comprese tra i 20 e i 1200 K, essendo dotato, oltre che di apparecchiature per prove meccaniche, anche di camere in vuoto appositamente attrezzate.

Potenziali utenti: enti di ricerca, fabbricanti di componenti nucleari, soggetti ispettivi.

Il Laboratorio, entrato in funzione nel 1990, è dotato di macchine per prove di fatica, trazione e compressione da 50, 100, 500 kN. Possiede, inoltre, una macchina per fatica compressiva da 8000 kN progettata e sviluppata dall'ENEA.

Il Laboratorio è stato principalmente impegnato in progetti riguardanti la Fusione termonucleare ed ha operato anche in supporto a ditte private esterne, effettuando prove di attrito in ambiente criogenico per caratterizzazione di materiali anti-frizione e prove di fatica su materiali strutturali in ambiente ostile (lega piombo litio a 400 °C).



Macchina di fatica MTS da 500 kN



Macchina per fatica compressiva da 8000 kN

Panoramica del laboratorio



The burner-rig CErTem (Corrosion, ERosion, high TEMperature) is used to test full-scale components at different temperatures and gas flow rates reproducing the actual working conditions. In particular it allows to achieve high-temperature oxidation, erosion and corrosion tests.

Potential users: energy, aeronautics and aerospace, and steel industries.

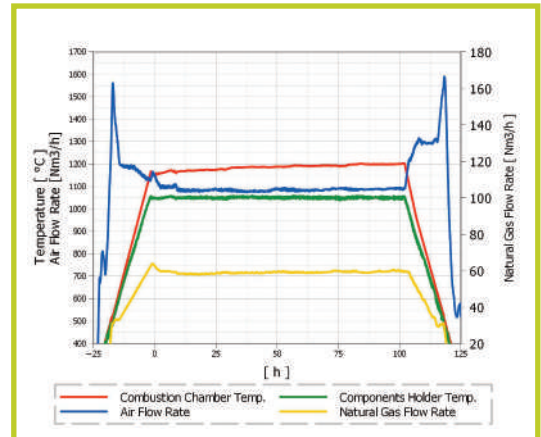
In the frame of the burner-rig-related activities it is possible to assist the design of full scale component holder and the planning of test campaigns. The latter are followed by a detailed report of the testing conditions (in terms of temperature and flow rate).

The burner-rig CErTem relies on laboratories for:

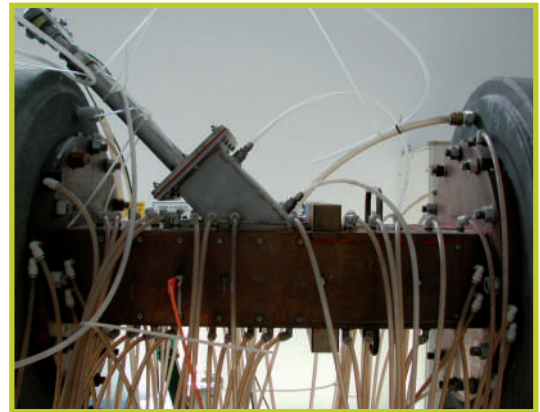
- development, fabrication and characterization of Air Plasma Sprayed (APS) ceramic thermal and environmental barrier coatings for metal and SiC-based components of turbine engines;
- post-test characterization (mechanical, chemical, NDT).

The burner-rig has been used in:

- **CErTem Project:** ENEA has been the leader in the project that led to the realization of the homonymous burner-rig and has supervised its design, implementation and testing. Partners: Ansaldo Ricerche, CSM, Pastis-CNRSM, University of Pisa.
- **PUMA Project:** metallic and ceramic materials (pipes) for heat exchangers (medium- and high-temperature) placed downstream of the glassware industry. Partners: Ansaldo Ricerche, Saint-Gobain, Scandiuzzi Sud, Stara Glass, Cetma.
- **TEPLAN Project** (collaboration for Cetma): test on refractory materials for plasma incinerators.



Test chart



"Turbogas" full scale component holder (gas duct section 90 × 280 mm)



"External combustion" full scale component holder (gas duct section 600 × 600 mm)



Hall of the burner-rig CErTem

L'Impianto CERtem (Corrosione, Erosione, TEMperature elevate) può essere utilizzato per sottoporre componenti in scala reale a condizioni di prova, in termini di temperature e portate dei fumi, che riproducono quelle reali di esercizio. In particolare, consente di eseguire: prove di ossidazione, erosione, corrosione.

Potenziali utenti: industrie dei settori energetico, aeronautico e aerospaziale, siderurgico.

Nel contesto delle attività legate all'impianto viene offerta assistenza nella progettazione delle prove e delle sezioni di prova. A valle delle campagne di prova viene prodotto un resoconto dettagliato delle condizioni di prova (in termini di temperature e portate).

L'Impianto CERtem svolge attività in collaborazione con i laboratori per:

- sviluppo, fabbricazione e caratterizzazione di barriere termiche ed ambientali ceramiche realizzate mediante Air Plasma Spray (APS) per componenti di turbine metallici e compositi a base di carburo di silicio;
- caratterizzazione post prova (meccaniche, chimiche, NDT).

L'Impianto è stato utilizzato nell'ambito di:

- Progetto CERtem: ENEA è stato capofila nel Progetto - in collaborazione con Ansaldo Ricerche, CSM, Pastis-CNRSM, Università di Pisa - che ha portato alla realizzazione dell'omonimo impianto. Ne ha seguito progettazione, realizzazione e collaudo e condotto l'esercizio.
- Progetto PUMA, in collaborazione con Ansaldo Ricerche, Saint-Gobain, Scandiuzzi Sud, Stara Glass, Cetma: materiali per la realizzazione recuperatori di calore, media ed alta temperatura, da porre in coda al processo di produzione delle vetriere. Materiali metallici e ceramici costituenti tubi del recuperatore di calore.
- Progetto TEPLAN (commessa Cetma): prove su materiali refrattari per inceneritori al plasma.

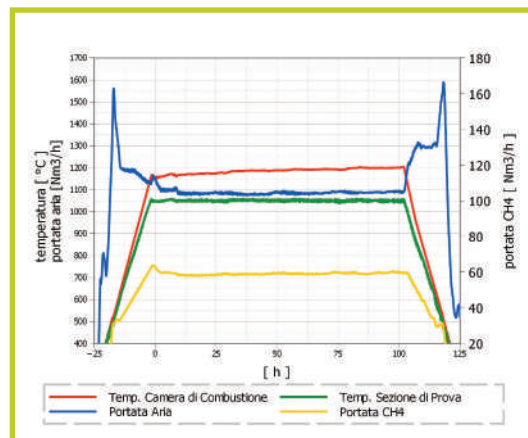
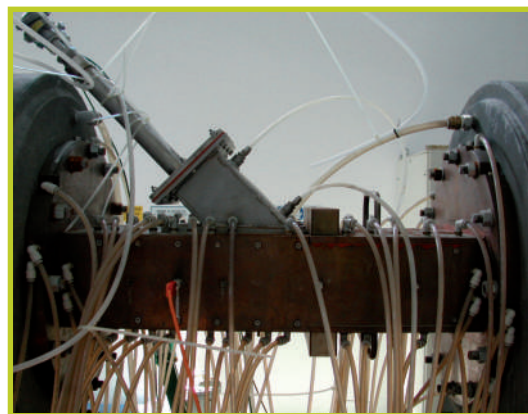


Diagramma di prova



Sezione di prova "turbogas" (dimensione sezione di passaggio fumi 90x280 mm)



Sezione di prova "combustione esterna" (dimensione sezione di passaggio fumi 600x600 mm)



Locale impianto CERtem

The Laboratory uses ultrasonic techniques applied to material characterization. It provides:

- **research on advanced materials to detect internal defects, and identify different metallographic structures and phase transformations;**
- **correlations between the structural changes of the materials detected by means of non-destructive and destructive testing (mechanical, microstructural, microanalysis);**
- **development and testing of innovative instrumentation for monitoring the structural changes of materials versus time, temperature, pressure, humidity.**

Potential users: enterprises interested in the study, design and implementation of innovative test methods applicable to different sectors, agencies and scientific research institutions.

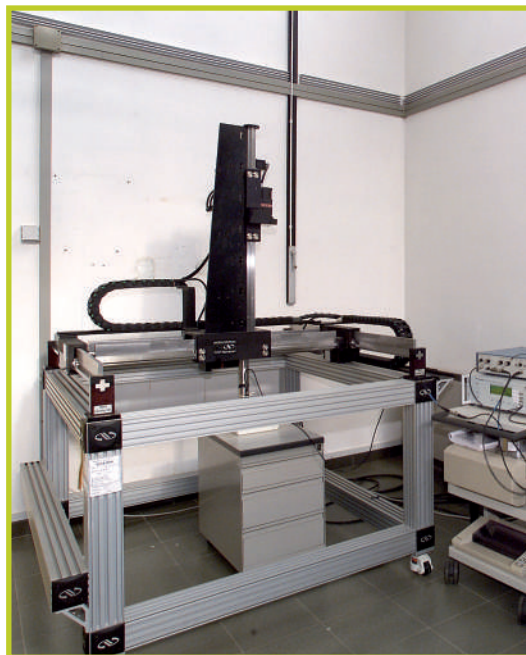
The Laboratory has been involved in:

- *qualification of heterogeneous ceramic-metal brazing;*
- *on-line monitoring of forming processes of thermosetting matrix composite (collaboration with the University of Lecce);*
- *experimental program on a reinforced concrete structure before its demolition, in order to determine a methodology for in situ concrete investigations (collaboration with the Universities of Cosenza and Naples, and Politecnico di Bari);*
- *analysis of different joint types (metal-ceramic, fiber reinforced PP, concrete-FRP);*
- *study of changes in the structural properties of concrete + epoxy resins versus environmental conditions and time.*

The Laboratory collaborates with Padua's CNR-ITEF for the thermographic analysis and has worked in collaboration with: ENEL, SKF, Avio, GE Nuovo Pignone, Consorzio CETMA.

The Laboratory is equipped with the C-SCAN (scanning acoustic microscope), a facility showing the location of a possible defect inside the analyzed material, and instruments measuring ultrasonic parameters.

Furthermore, with regards to material studies, the Laboratory collaborates with other laboratories: thermo-mechanical characterization lab., micro structural characterization lab., chemical analysis lab., wear-resistant coatings and thermal barriers lab., and CERTEM burner rig for high temperature tests on full-scale components.



Ultrasonic C-Scan system

Il Laboratorio utilizza tecniche ad ultrasuoni per il controllo di materiali. Può effettuare:

- **ricerche su materiali avanzati finalizzate al controllo dei difetti interni e all'individuazione di differenti strutture metallografiche e trasformazioni di fase;**
- **correlazioni tra le variazioni strutturali del materiale rilevate con analisi non distruttive e con tecniche distruttive (prove meccaniche, microstrutturali, microanalisi);**
- **lo sviluppo e la sperimentazione di strumentazione prototipo per il monitoraggio delle variazioni strutturali di nuovi materiali in funzione di variabili quali tempo, temperatura, pressione, umidità.**

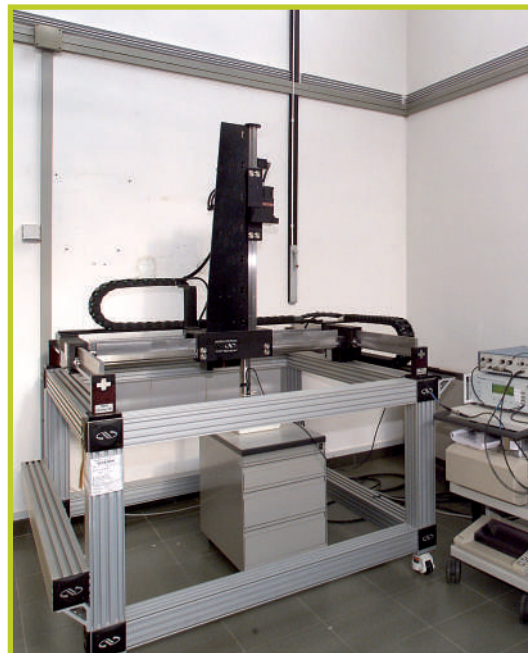
Potenziali utenti: imprese interessate alla progettazione e realizzazione di metodi di controllo innovativi applicabili a differenti settori merceologici, enti ed istituzioni di ricerca scientifica.

Il Laboratorio è stato coinvolto in:

- qualifica di giunzioni eterogenee ceramica-metallo;
- controllo in linea di processi di formatura di compositi a matrice termoindurente (collaborazione con l'Università di Lecce);
- programma sperimentale su una struttura in calcestruzzo armato in fase di demolizione, al fine di determinare una metodologia di indagini in situ del calcestruzzo (collaborazione con Università di Cosenza, Università di Napoli, Politecnico di Bari);
- analisi di differenti tipologie di giunto (eterogiunzioni metallo-ceramico, laminato in PP fibrorinforzato, calcestruzzo-frp);
- studio delle variazioni delle proprietà strutturali del composito di calcestruzzo + resine epossidiche al variare delle condizioni ambientali e in funzione del tempo.

Il Laboratorio collabora con il CNR-ITEF di Padova per le analisi termografiche e ha collaborato con: ENEL, SKF, Avio, GE Nuovo Pignone, Consorzio CETMA.

Dispone del Sistema C-SCAN (Microscopio Acustico a Scansione), per visualizzare la posizione di un eventuale difetto presente nel materiale analizzato, e di strumentazione di avanguardia per la misura dei parametri ultrasonori. Si avvale, inoltre, per lo studio dei materiali, della collaborazione di laboratori per: caratterizzazione termo-meccanica; caratterizzazione micro strutturale; analisi chimiche; realizzazione di rivestimenti antiusura e barriere termiche, e dell'impianto CERTem per prove ad alta temperatura su componenti.



Sistema C-Scan ad ultrasuoni

The Laboratory is one of Italy's major integrated instrumentation-expertise systems for the characterization and qualification of materials and components based on their microstructure. The Laboratory activities allow for accurate investigations on the structure, microstructure and chemical heterogeneity of matter. The information obtained is essential to programmes aimed at developing innovative materials. Furthermore, some microstructural indicators can be used to support and integrate NDC for the diagnostics of possible anomalies and defects, as well as to provide useful information about the remaining life of steels subjected to high loads and temperatures.

Potential users: the instrumentation versatility allows for both research and service analyses in collaboration with the research and industrial systems.

The Laboratory is equipped with:

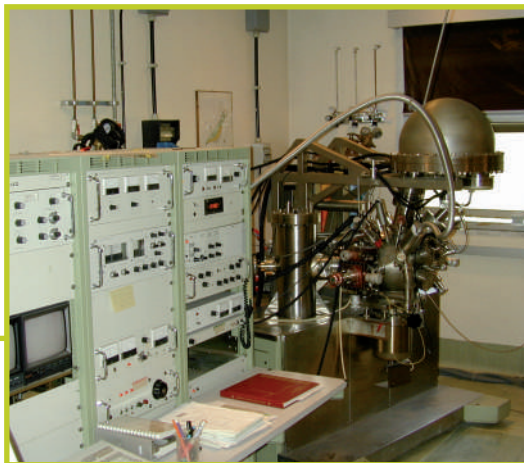
- Transmission Electron Microscope (TEM)
- Scanning Electron Microscope (SEM)
- X-Ray diffraction for structural investigations at high- and low-angle diffraction with a large endowment of instrumentation
- Surface and interface chemical analysis based on photoelectron (XPS) and Auger electron spectroscopy.



TEM FEI TECNAI G2 30 F



MPD Philips X-Ray Diffractometer



VG ESCALAB MK XPS Spectrometer, equipped with twin anode Al/Mg, ion gun for depth profiling, UV lamp for UPS analysis, in situ sample cooling (liquid nitrogen temperature) and heating (up to 800 °C) system

Contact persons

Electron Microscopy:

Amelia Montone
amelia.montone@enea.it

X-Ray Diffraction:

Antonella Tagliente
antonella.tagliente@enea.it

Surface Spectroscopy:

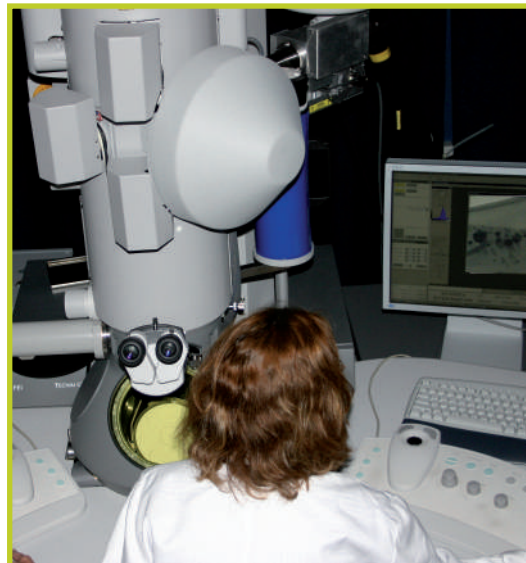
Rossella Giorgi
rossella.giorgi@enea.it

Il Laboratorio è costituito da un sistema integrato di strumentazioni e competenze – tra i principali in Italia – per la caratterizzazione/qualificazione di materiali e componenti, sulla base della loro microstruttura. Consente di effettuare indagini approfondite sulla struttura, sulla microstruttura e sulle eterogeneità di carattere chimico presenti nella materia. Le informazioni ottenibili sono imprescindibili per programmi di sviluppo di materiali innovativi. Inoltre, alcuni indicatori microstrutturali sono utilizzabili a supporto ed integrazione di CND per la diagnostica sull'insorgere di anomalie e difetti, oltre che utili a fornire informazioni sulla vita residua di acciai sottoposti a carichi elevati e ad alta temperatura.

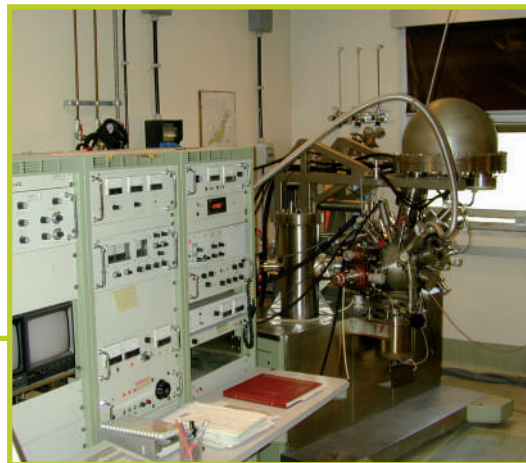
Potenziali utenti: la versatilità della strumentazione consente sia azioni di ricerca che analisi di servizio in collaborazione con il sistema della ricerca e con quello industriale.

Il Laboratorio è dotato di:

- Microscopia elettronica in trasmissione (TEM)
- Microscopia elettronica a scansione (SEM)
- Diffrazione di raggi X per indagini strutturali mediante diffrazione ad alto e a basso angolo con ampia dotazione di strumentazione
- Spettroscopia di fotoelettroni (XPS) e di elettroni Auger per l'analisi chimica di superfici ed interfacce.



TEM FEI TECNAI G2 30 F



Spettrometro XPS modello VG ESCALAB MK II dotato di doppio anodo, cannone ionico per depth-profiling, lampada UV per analisi UPS, raffreddamento nominale alla temperatura dell'azoto liquido e riscaldamento del campione sino a 800 °C in situ



Diffrattometro a raggi X MPD Philips

Referenti

Microscopia Elettronica:

Amelia Montone
amelia.montone@enea.it

Diffrazione Raggi X:

Antonella Tagliente
antonella.tagliente@enea.it

Spettroscopia di superficie:

Rossella Giorgi
rossella.giorgi@enea.it

The plants (Electron Beam and laser laboratories) are used for the development and qualification of welding and surface treatment processes. The vacuum EB technology allows to obtain the best level of quality but the component dimensions are limited by the vacuum chamber volume. The laser laboratory allows to work on big size components and prototypes but the operating range of materials and thickness is more limited.

Potential users: research laboratories and companies operating in the aeronautics and aerospace sectors, companies producing components for nuclear fusion/fission plants.

The vacuum EB plant has 50 kW nominal power, up to 80 kV accelerating voltage, and over -10^9 W/cm² power density. The vacuum chamber's volume is 1.3 m³ and the evacuation time is only 3 min. Three motorized and CNC-controlled axes allow to work over an area of about 600 mm in Y and 400 mm in X; the third axis is a rotating universal chuck. The plant permits to weld 80 mm of mild steel in single pass with welding speed faster than 4 m/min.

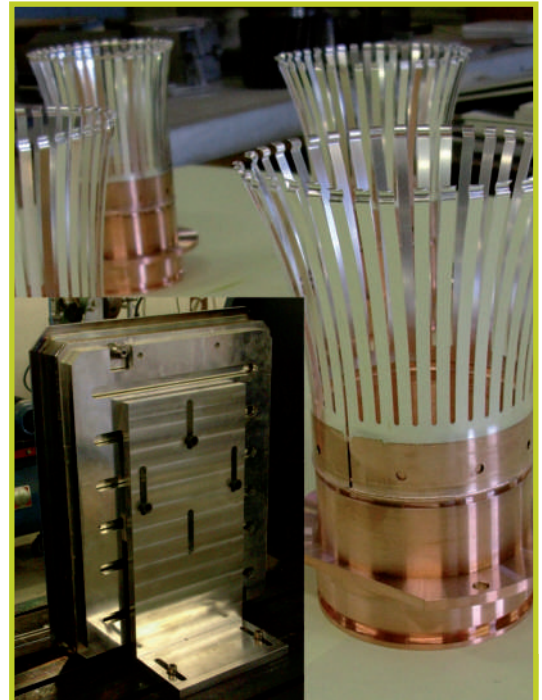
The plant was realized by TECHMETA (France) at the end of the Eighties according to ENEA specifications and it is used for the development of welding procedures and surfaces treatment of almost all metallic materials: from mild steel to nickel-based super-alloys and less usual materials like, for example, zirconium, niobium, tungsten and tantalum.

The laser laboratory is a 400 m² Hall located in the TRISAIA Research Center. It hosts 4 working stations and 4 laser sources with a 2-to-6 kW power range. The 3 portal stations have a working area ranging from 500 x 500 x 300 mm³ to 2500 x 3500 x 500 mm³. In addition, the fourth working station is a special flexible 3D system with 1 m³ of working volume realized by a 6 DoF robot and an integrated 3-axis table.

The laser plant is mainly used for the development of welding process and procedures, and for surface hardening and cladding. The processed materials are iron, nickel, aluminum and titanium alloys for activities within the framework of research programs in the fields of transport and fusion energy (IGNITOR).

The plant is shared with personnel (technicians and researchers) from the CALEF consortium. This arrangement enables to access all partner facilities for the development and qualification of Welding Procedure Specification in compliance with the international standard rules.

Thanks to ENEA and CALEF researchers' know-how the laser laboratory is recognized as the Italian national leader in laser- and hybrid-laser welding technologies.



Electron Beam Casaccia applications: (right) Electron Beam Welding of copper Radiofrequency contact for CERN (CH); (left) Electron Beam welding of aluminum cooling plate for aerospace application ALENIA for ESA



Views of the 400 m² Laser Hall: 4 working stations and 4 laser sources with nominal power ranging from 1.8 to 6 kW used in the development of welding and surface treatment processes and for fabrications of prototypes and small series

Gli impianti (un impianto Electron Beam e un Laboratorio laser) sono utilizzati per lo sviluppo e la qualificazione di procedimenti di saldatura e trattamenti superficiali. L'impianto EB permette un livello di qualità superiore ma la dimensione dei componenti è limitata dalla grandezza della camera da vuoto. Il Laboratorio laser consente invece la lavorazione su componenti di grande dimensione ma su un range di materiali e spessori più limitato.

Potenziali utenti: laboratori di ricerca e aziende del settore aeronautico ed aerospaziale, aziende che operano nella produzione di componenti per il settore nucleare da fusione e/o fissione.

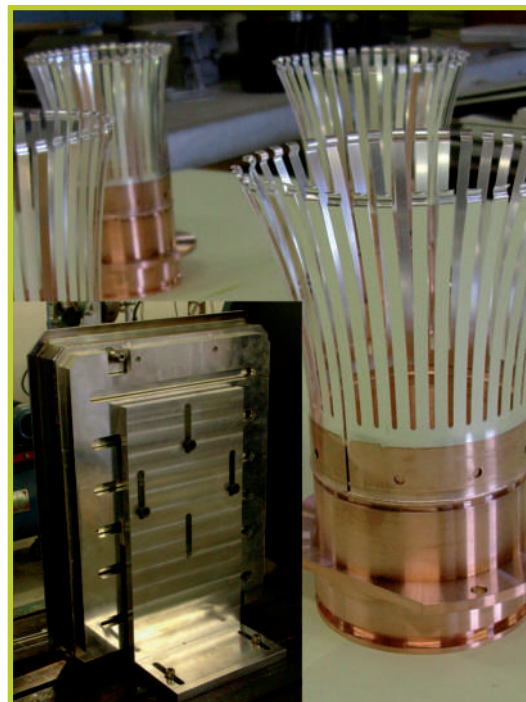
L'impianto Electron Beam (EB) sotto vuoto - situato nel Centro Casaccia - ha potenza massima di 50 kW, tensione di accelerazione di 80 kV e densità di energia superiori ai 10^9 W/cm². La camera da vuoto è di 1,3 m³ con tempo di evacuazione di 3 min. I tre assi motorizzati e controllabili mediante CNC permettono movimentazioni di 600 mm in Y e di 400 mm in X a cui si aggiunge un mandrino rotante. Le velocità di saldatura superano i 4 m/min con la possibilità di saldare, in un'unica passata, fino a 80 mm di spessore.

L'impianto, realizzato su specifiche ENEA alla fine degli anni 80 dalla TECHMETA, è utilizzato per lo sviluppo di procedimenti di saldatura e trattamenti superficiali su quasi tutti i materiali metallici, che vanno dagli acciai al carbonio alle super leghe al Nichel ma anche materiali meno comuni come leghe di Zirconia, il Niobio, Tungsteno, Tantalio ecc.

Il Laboratorio laser - situato nel Centro Trisaia - è una Hall di oltre 400 mq dotata di 4 stazioni laser e 4 stazioni di lavorazione con potenze che vanno da 2 a 6 kW. Le tre stazioni di lavorazione a portale hanno dimensioni che vanno da 500 x 500 x 300 mm³ fino a 2500 x 3500 x 500 mm³. A questa va aggiunto un sistema flessibile che permette lavorazioni 3D su un volume di circa 1 m³ realizzato da un antropomorfo a 6 Gdl e una tavola portapezzo a tre assi.

Il Laboratorio è impiegato per lo sviluppo di procedimenti di saldatura ma anche per trattamenti superficiali e riporti. I materiali trattati sono principalmente leghe di acciaio, alluminio, titanio e nichel nell'ambito di progetti di ricerca nel settore dei trasporti e della fusione.

Il Laboratorio è condiviso tra ENEA e il Consorzio CALEF; ciò consente di accedere a tutte le facilities oltre che di ENEA anche dei consorziati per lo Sviluppo di Procedimenti di Saldatura (WPS) e la loro qualificazione secondo le principali normative di riferimento. Il know how dei ricercatori ENEA e CALEF ne fa la struttura leader nel settore della saldatura laser e laser arco nel panorama nazionale.



Applicazioni Fascio Elettronico Casaccia: (dx) saldatura di contatti a radiofrequenza in rame per il Large Hadron Collider del CERN (CH); (sx) saldatura di una piastra raffrescante per applicazioni aerospaziali per Thales Alenia Space Italia nell'ambito di progetti ESA



La hall tecnologica di circa 400 m² ospita 4 stazioni di lavorazione e 4 sorgenti laser con potenze comprese fra 1,8 e 6 kW utilizzate per lo sviluppo di processi di saldatura, trattamenti superficiali e la realizzazione di prototipi e piccole serie

The STAF facility can be employed for: critical heat flux (CHF) tests under subcooled flow boiling conditions in pipes; quenching/rewetting tests of pipes and walls; component qualification; training. The main feature of the loop is its capability to run tests of several types, depending on customer needs, by simulating the behaviour of different components of the same plant.

Potential users: manufacturers involved in the thermal-hydraulic design, verification and safe management of the water-cooled nuclear reactors, SIET.

The facility is entirely made of AISI 316 stainless steel; the test section can be of different types. In the case of a tube, it can be up to 10 mm i.d., depending on fluid velocity and thermal power. However, it can be designed ad hoc to perform heat transfer experiments in single- and two-phase flow, as well as critical heat flux.

Principal parameters of the facility:

- Fluid: degassed and demineralised water
- Flow rate: up to 2000 l/h
- Pressure: up to 7.0 MPa
- Fluid inlet temperature: 20-75 °C
- Available electric power: up to 90 kW (max 50 V, 1800 A).



STAF facility

L'Impianto STAF può essere utilizzato per prove di critical heat flow (CHF) in sottoraffreddato, di ribagnamento di pareti ad alta temperatura (quenching e/o rewetting), di qualificazione, e per attività di formazione. La caratteristica fondamentale dell'impianto è la sua duttilità ad effettuare prove di diversa natura a seconda delle richieste dell'utente, simulando il comportamento di componenti differenti all'interno di uno stesso impianto.

Potenziali utenti: aziende coinvolte nel progetto termoidraulico, nella verifica e gestione in sicurezza del nocciolo di reattori ad acqua, SIET.

L'impianto è interamente realizzato in acciaio AISI 316; la sezione di prova, tipicamente un tubo di diametro interno fino a circa 10 mm (ma questo dipende dalle velocità e dalle potenze in gioco) può essere progettata ad hoc per effettuare misure sia di scambio termico in monofase ed in ebollizione, che di flusso critico in condizioni di sottoraffreddato.

Parametri principali dell'impianto:

- Fluido: acqua demineralizzata e degasata
- Portata fino a 2000 l/h
- Pressione fino a 7 MPa
- Temperatura di ingresso fluido: 20-75 °C
- Potenza elettrica disponibile fino a 90 kW (max 50 V, 1800 A).



Impianto STAF

The VASIB facility can be used to perform research on heat transfer in single- and two-phase flow, safety studies (critical heat flux and two-phase critical flow), and sizing of two-phase safety valves. It has been designed to run experiments on: safety and regulating valves under low-quality two-phase flow conditions; two-phase singular and friction pressure drop; testing and calibration of two-phase flow instrumentation; flow pattern. It also allows to perform experimentation on flow boiling, condensation heat transfer and critical heat flux.

Potential users: manufacturers of safety and regulating valves, manufacturers, bodies and institutions involved in the thermal-hydraulic design, verification and safe management of water-cooled nuclear reactors (SIET, ISPESL, etc.).

The facility is entirely made of AISI 316 stainless steel.

Principal parameters of the facility:

- Fluid: degassed and demineralised water
- Flow rate: up to 1500 kg/h
- Pressure: up to 1.8 MPa
- Maximum temperature: 205 °C
- Available electric power: up to 150 kW.

With limited changes the mass flow rate can be increased up to 2500 kg/h.



Two views of the VASIB facility



L'Impianto può svolgere attività nell'ambito del "nucleare da fissione" per ricerche sperimentali sulle problematiche bifase di scambio termico, studi sulla sicurezza (efflusso critico e flusso critico) e dimensionamento valvole di sicurezza in bifase.

L'Impianto è stato progettato per effettuare prove sperimentali su: valvole di sicurezza/regolazione in bifase a basso titolo, anche in efflusso critico; perdite di carico in bifase, in tubazioni e pezzi speciali; strumentazione in bifase; flow-pattern in bifase.

Consente sperimentazioni finalizzate a ricerche su: scambio termico in bifase (ebollizione, condensazione); critical heat flux (flusso termico critico).

Potenziali utenti: Aziende di valvole di sicurezza e regolazione, enti e istituti per studi sulla sicurezza in caso di incidente o malfunzionamento (SIET, ISPESL ..)

L'Impianto è realizzato interamente in acciaio inossidabile AISI 316.

Prestazioni dell'impianto:

- Fluido: H₂O
- Pressione fino a 1,8 MPa
- Portata fino a 1500 kg/h
- Temperatura max: 205 °C
- Potenza caldaia elettrica max 150 kW.

Con limitati interventi si può incrementare il range di esercizio in termini di portata evolvendo portandola a 2000-2500 kg/h.



Due viste dell'impianto sperimentale VASIB



The Laboratory carries out diagnostic tests in the industrial and civil sectors, and on historical monuments. It can perform: characterization and defect analysis of components and new materials, characterization of probes for NDT equipment, development of software for automated non-destructive testing systems, training activities.

Potential users: aeronautical, naval, nuclear fission, nuclear fusion, automotive, railway transport, masonry and concrete products, architectural and monumental sectors.

Set up in 1980, the lab hosts: laboratories for automated systems, software development, laser and visual inspections, and thermography; an archive with defective samples; a laboratory for civil diagnostics (CLS); a radiography bunker.

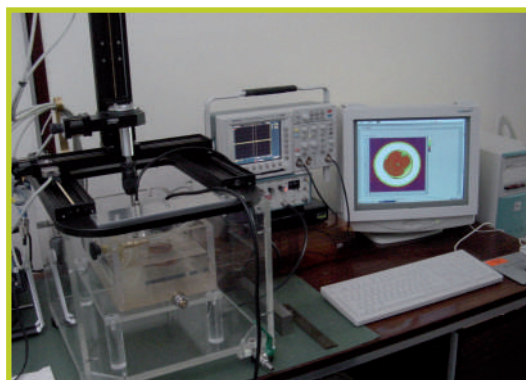
It performs non-destructive testing in industries operating in sectors concerning human and environmental safety, and ensuring product quality. It applies both innovative and traditional methods specific for the development of production processes, product quality testing, and the in-service inspection of plant components.

The most important projects, activities and collaborations include:

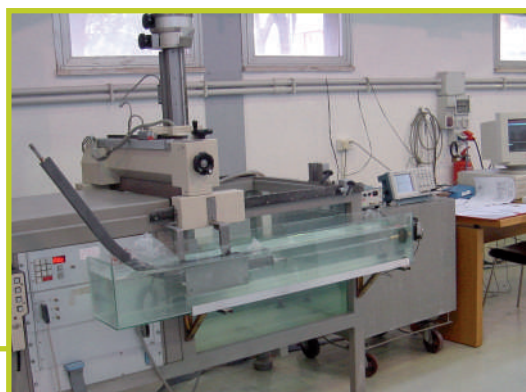
- ITER project: testing of divertor and superconducting components
- AVIO project: testing of Titanium–Aluminum materials
- Monitoring of the hydrogen-producing plant
- Development of the automated testing system for the JET and ITER divertors
- Development of the automated testing system for aerospace and industrial components
- European AWFORS project: testing of capacity-discharge-welded turbine blades
- Testing of laser welding of components for the ITER fusion machine
- In-line checking of the aluminum tube production- ALURES
- FASP project: in-line checking of laser welding on steel plates
- Testing of ultrasonic copper soldering of the FTU machine flywheel alternator in ENEA Frascati
- Services delivered to ITER, AVIO, Finmeccanica, Agusta/Westland, MBDA.



Automated 6-degree-of-freedom ultrasonic system for the aviation industry



Automated general purpose system with ultrasonic probes and Eddy current with 4 degrees of freedom



4-degree-of-freedom system for the ultrasonic testing of components. Ready to inspect the tube of ITER divertor



Copper tube with tungsten and CFC (Carbon Fiber Reinforced Carbon) tiles of the ITER divertor component

Il Laboratorio opera nella diagnostica in campo industriale, civile e dei beni monumentali. Può effettuare: caratterizzazione e analisi difettologica di componenti e nuovi materiali; caratterizzazione sonde e strumentazione per CND; sviluppo software sistemi automatici per i controlli non distruttivi; formazione.

Potenziali utenti: settore aeronautico, navale, fissione nucleare, fusione nucleare, automotive, trasporti ferroviari, costruzioni in muratura e in calcestruzzo, beni architettonici e monumentali.

Il Laboratorio, entrato in funzione nel 1980, dispone di un laboratorio sistemi automatici e sviluppo software, un laboratorio laser e controlli visivi, un laboratorio termografia, un archivio difettologico e diagnostica civile (CLS), un bunker radiografico.

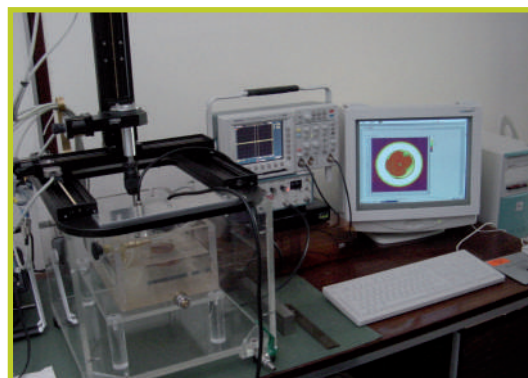
Effettua analisi non distruttive in settori industriali in cui siano coinvolti aspetti di sicurezza, per l'uomo e per l'ambiente, e di garanzia della qualità del prodotto. Applica metodi sia innovativi che tradizionali per la messa a punto dei processi di produzione, per controlli di qualità del prodotto e per l'ispezione in servizio di componenti di impianto.

Tra i progetti, le attività e le collaborazioni rilevanti si citano:

- Progetto ITER: controllo dei componenti del divertore e dei componenti a superconduttore
- Progetto AVIO: Controllo di materiali TiAl
- Monitoraggio dell'impianto di produzione di Idrogeno
- Sviluppo del sistema automatico per il controllo del divertore di JET e ITER
- Sviluppo del sistema automatico per il controllo di componenti aeronautici ed industriali
- Progetto Europeo AWFORS: controllo di palette di turbina con saldatura capacitiva
- Controllo delle saldature laser di componenti per la macchina per fusione ITER
- Controllo in linea della produzione di tubi di alluminio – ALURES
- Progetto FASP: controllo in linea di saldature laser su lamiere di acciaio
- Controllo ad ultrasuoni delle brasature in rame del volano alternatore della macchina FTU di Frascati
- Servizi svolti per ITER, AVIO, AGUSTA WESTLAND, MBDA.



Sistema automatico ad ultrasuoni a 6 gradi di libertà



Sistema automatico general purpose con sonde ad ultrasuoni ed Eddy current con 4 gradi di libertà



Sistema a 4 gradi di libertà per il controllo ultrasonoro di componenti. Nella foto il sistema sta ispezionando il tubo del divertore



Tubo in rame con tegole in tungsteno e CFC (Carbon Fiber reinforced Carbon) del Divertore componente del reattore ITER

The Laboratory measures the electric permittivity ϵ^* and the magnetic permeability μ^* of solid and liquid materials in conformity with:

- **waveguide techniques to measure ϵ^* and μ^* from 3.95 GHz up to 6 GHz on solid materials;**
- **airline technique to measure ϵ^* and μ^* from 100 MHz up to 6 GHz on solid materials which can be machined to a specific shape and size;**
- **resonant cavity technique to measure ϵ^* at $\nu \approx 2.4$ GHz for solid and liquid materials;**
- **open-ended coaxial probe technique to measure ϵ^* from 500 MHz to 6 GHz on liquid and biological materials.**

Potential users: industries and laboratories interested in the development of new shielding or absorbing materials in the RF range and antennas; Government agencies and institutes; scientific research institutes.

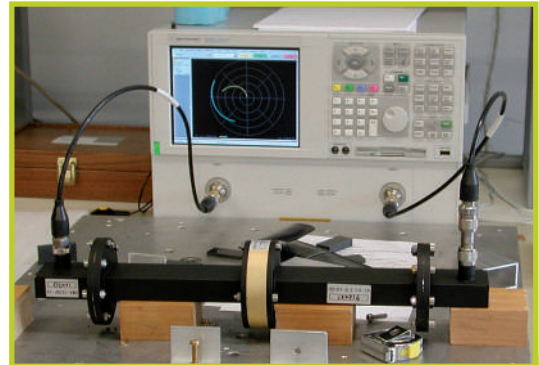
The most important ϵ^ and μ^* measurement methods are:*

- *Wideband: Transmission and Reflection Method (TRM) and Short Circuit Line (SCL) both based on the perturbing effects on the electromagnetic wave propagation path due to the insertion along the path of a sample of the material under test; Open-Ended Coaxial Method based on the probe capacity modification by the material under test.*
- *Narrowband: the method is based on the analysis of the resonant frequency shift and the quality factor modification of a resonant cavity, due to the insertion of a material sample.*

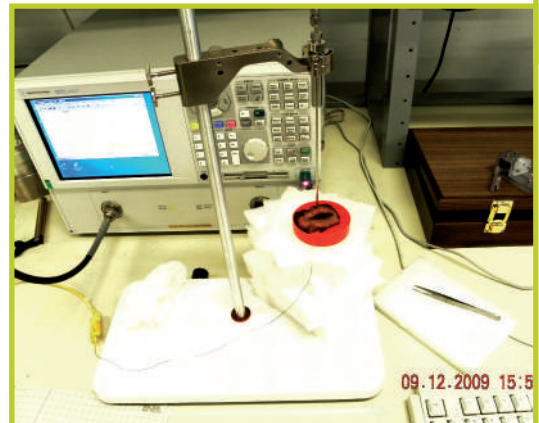
The Laboratory is equipped with a Vector Network Analyzer, coaxial airlines, waveguides, open-ended coaxial probes, a resonant cavity, specialized software for S-parameters inversion. It is possible to arrange experimental setups with different propagation paths.

The Laboratory has performed several experimental measurement sets:

- *waveguide measurements on polymeric solid materials (Arylite, Kemafoil);*
- *resonant cavity measurements on liquid, solid (Polystyrene, TOPAS, PMMA, FR4, Zirconia, Titanate Dioxide) and powder materials ($Zn(SR)_2$, $Cd(SR)_2$);*
- *open-ended coaxial measurements on biological tissues (porcine and bovine liver samples) in the framework of a project on Microwave Thermal Ablation financed by Regione Lazio.*



A permittivity and permeability measurement bench using a waveguide



Electromagnetic characterization of a bovine liver sample subjected to microwave thermal ablation

Il Laboratorio è attrezzato per la misura della permittività elettrica ϵ^* e della permeabilità magnetica μ^* su materiali solidi e liquidi secondo i seguenti metodi:

- banco in guida d'onda per la misura di ϵ^* e μ^* da 3,95 GHz a 6 GHz su materiali solidi;
- banco in airline per la misura di ϵ^* e μ^* da 100 MHz a 6 GHz su materiali solidi lavorabili a macchina;
- banco in cavità risonante per la misura di ϵ^* a $\approx 2,4$ GHz per materiali solidi e liquidi;
- banco basato sull'open ended coaxial probe per la misura di ϵ^* da 500 MHz a 6 GHz su materiali liquidi e biologici.

Potenziali utenti: industrie e laboratori impegnati nello sviluppo di materiali innovativi schermati o assorbenti la radiofrequenza, nello sviluppo di antenne; enti ed istituzioni pubbliche; enti ed istituzioni di ricerca scientifica.

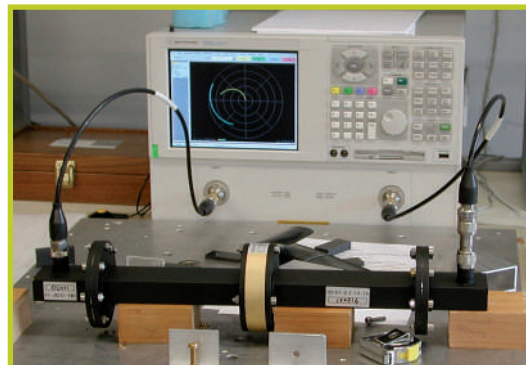
I più importanti metodi di misura di ϵ^* e μ^* sono:

- A banda larga: metodo trasmissione e riflessione (TRM) e linea di corto circuito (SCL), che si basano sull'alterazione del percorso propagativo di un'onda elettromagnetica dovuta all'inserimento del materiale in prova nel percorso stesso; metodo della sonda coassiale con terminazione aperta, nel quale il materiale in prova altera la capacità di una linea coassiale aperta;
- A banda stretta: metodo di alterazione della frequenza di risonanza e del fattore di qualità di cavità risonanti a seguito dell'inserimento del campione nella cavità.

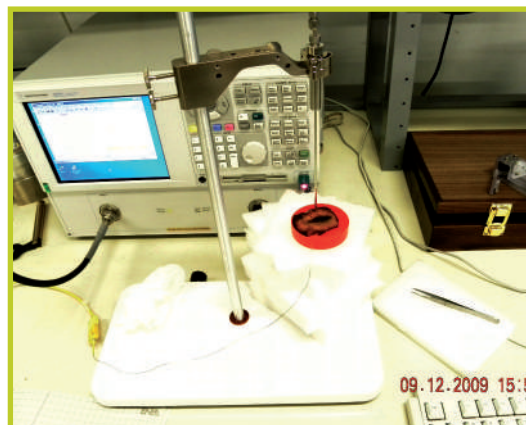
Il Laboratorio è dotato di un analizzatore di rete vettoriale di linee coassiali in aria, guide d'onda, linee coassiale aperte e cavità risonanti, nonché di software per l'inversione dei parametri di scattering; è possibile allestire banchi di misura con diversi percorsi propagativi.

Il Laboratorio ha eseguito diverse campagne di misure:

- su materiali solidi polimerici in banco a guida d'onda (Arylite, Kemafoil);
- in cavità risonante su materiali liquidi, solidi (Polistirene, TOPAS, PMMA, FR4, Zirconia, Biossido di Titanio) e solidi in forma di polvere ($Zn(SR)_2$, $Cd(SR)_2$);
- su materiali biologici (fegato suino e bovino) nell'ambito del progetto FILAS finanziato dalla regione Lazio "TAM" (Termo Ablazione a Microonde).



Vista del banco di misura in guida d'onda



Caratterizzazione elettromagnetica di un campione di fegato bovino sottoposto ad ablazione a microonde

The pre- and post-irradiation characterization Laboratory located near the ^{60}Co CALLIOPE irradiation facility can be used for:

- **optical characterization testing and services dedicated to materials for special applications**
- **spectrophotometry laboratory**
- **dosimetric laboratory**
- **research and training activities.**

Potential users: universities, research institutions, Italian and foreign industries.

Designed and realized by ENEA in 1985 and implemented so far, the Laboratory is equipped with two Perkin Elmer UV-Vis-NIR and FTIR spectrophotometers monitored by a specific software and allowing to perform transmission and adsorption measurements even on diffusing samples. An additional Bruker EMS-104 spectrometer performs Electron Spin Resonance measurements for α -alanine dosimetry and X-band ($n=9.4$ GHz) free radicals within a 3380-3580 Gauss magnetic field range.

The Laboratory is also equipped with a 5 kN optical-control INSTRON dynamometric extensor mod.6022 and with a vacuum bench for irradiation tests in different atmospheres (oxygen and nitrogen) allowing to analyse pre- and post-irradiation gases by way of a mass spectrometer.

Further spectrophotometers have been assembled in collaboration with INFN for the following projects:

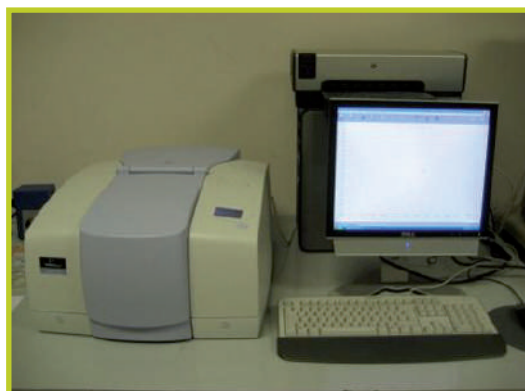
- **LUMEN:** the optical bench hosts a two-beam spectrophotometer completely built in the Laboratory. It performs transmittance measurements of large samples and microstructures ranging 230-700 nm by way of Labview software;
- **MINIACCOR:** the system performs pre- e post-irradiation measurements of longitudinal and transversal optical transmission of large crystals (up to 22 cm in size). It has been used in collaboration with INFN within the ECAL-CMS project for the characterisation of lead tungstate (PbWO_4) crystals.

The Laboratory provides R&D university groups and private users with services and joint research activities. It has been also used for:

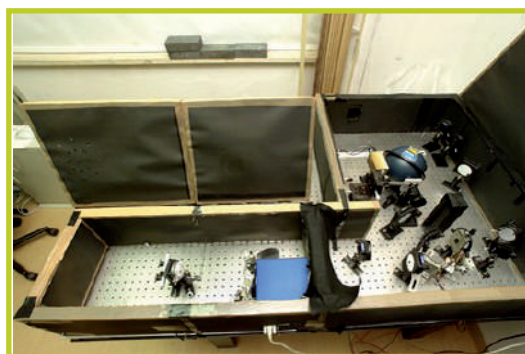
- activities in collaboration with INFN within the ECAL-CMS project for the characterisation of lead tungstate crystals;
- characterisation of the insulating materials of the electric cables coming from the Garigliano nuclear power plant.



Perkin Elmer Lambda 950 UV/VIS-NIR Spectrophotometer



PerkinElmer Spectrum™ 100 FT-IR Spectrophotometer



LUMEN test bench

Il Laboratorio di caratterizzazione pre- e post-irraggiamento presso l'impianto di irraggiamento γ CALLIOPE può essere utilizzato per:

- **test di caratterizzazione ottica di materiali speciali**
- **fornitura di servizi di caratterizzazione ottica su materiali speciali**
- **attività di ricerca e didattica**
- **laboratorio di spettrofotometria**
- **laboratorio dosimetrico.**

Potenziali utenti: università, enti di ricerca ed industrie nazionali ed estere.

Il Laboratorio, progettato e realizzato dall'ENEA a partire dal 1985, è dotato di due spettrofotometri Perkin Elmer lavorando nell'ultravioletto/visibile e nell'infrarosso, controllati da PC dedicati, che permettono misure di trasmissione e assorbimento anche su campioni diffondenti, nonché di uno spettrometro EMS-104 della Bruker per misure di Electron Spin Resonance per dosimetria con α -alanina e di radicali liberi in banda X ($n=9,4$ GHz) nell'intervallo di campo magnetico 3380-3580 Gauss.

Dispone anche di un estensore dinamometrico INSTRON mod.6022 da 5 kN con controllo ottico e di un banco da vuoto per test di irraggiamento in differenti atmosfere (ossigeno o azoto) rendendo possibile l'analisi di gas pre- e post-irraggiamento per mezzo di uno spettrometro di massa.

Altri spettrofotometri sono stati assemblati in collaborazione con l'INFN per:

- **Progetto LUMEN:** il banco ottico alloggia uno spettrofotometro a doppio fascio realizzato integralmente nel Laboratorio, che consente misure di trasmittanza di campioni di grandi dimensioni nonché di microstrutture nel range 230-700 nm con acquisizione mediante Labview;
- **Progetto MINIACCOR:** il sistema è impiegato per misure pre- e post-irraggiamento di trasmissione ottica longitudinale e trasversale di cristalli di grandi dimensioni (fino a 22 cm). È stato utilizzato per attività in collaborazione con INFN nell'ambito del progetto ECAL-CMS per la caratterizzazione di cristalli di tungstato di piombo ($PbWO_4$).

Il laboratorio è in grado di offrire a gruppi di ricerca e sviluppo universitari e privati sia collaborazione per ricerca congiunta sia servizi. È stato utilizzato, tra l'altro, per:

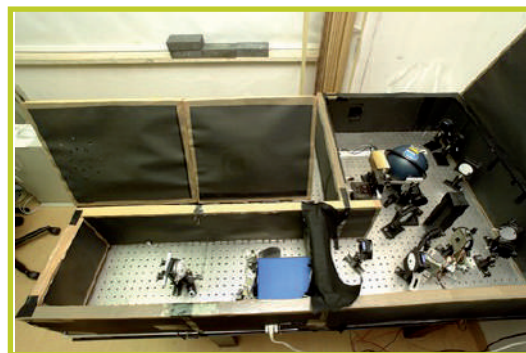
- attività in collaborazione con INFN nell'ambito del progetto ECAL-CMS per la caratterizzazione di cristalli di tungstato di piombo;
- la caratterizzazione dell'isolante di cavi elettrici provenienti dalla centrale nucleare del Garigliano.



Spettrofotometro Perkin Elmer Lambda 950 UV-VIS



Spettrofotometro PerkinElmer Spectrum™ 100 FT-IR



Banco LUMEN

The Laboratory is equipped with an integrated system of facilities and expertise in the field of mechanical characterization (tensile test, compression, low-cycle fatigue, thermo-mechanical fatigue, creep, impact, etc.). It allows to perform traditional room-temperature and high-temperature mechanical tests, instrumented creep tests and micro-charpy impact tests. All of these tests are indispensable when the mechanical behaviour of structural materials at room and high-temperature is to be verified. Moreover, they are also necessary to study and identify the thermo-mechanical characteristics of new structural materials that can be used in the field of energy.

Potential users: industries operating in the field of energy.

Since 1983, the Laboratory has contributed to the mechanical characterization of nuclear core materials. Following the Italian Referendum on nuclear fission – which ended up with its abolition – the Laboratory has focused on the mechanical characterization of nuclear fusion materials, thus contributing to the development of low activation martensitic alloys, particularly when associated with thermo-mechanical fatigue and characterization of monolithic and composite ceramic materials.

The Laboratory is equipped with:

- two 100 kN universal testing machines to test materials up to 1050 °C;
- 100 kN universal testing machine to carry out thermo-mechanical fatigue tests up to 750 °C;
- 12 instrumented creep test machines (max. temperature 850 °C);
- Instrumented charpy pendulum of 30 and 50 Joule to perform resilience and fracture mechanics tests on micro-charpy samples;
- low-capacity universal electro-mechanical micro-machine (5-500 kgf).



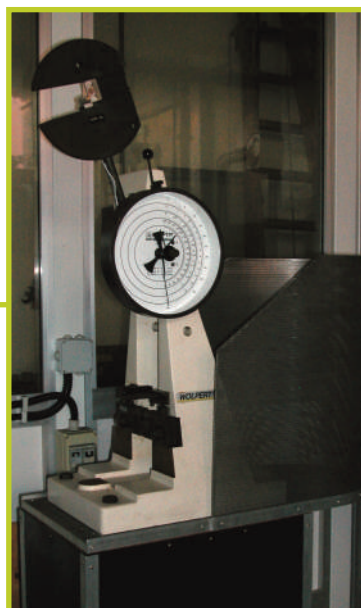
MAYES EMS 100 universal testing machines of 100 kN



100 kN Mayes universal testing machine to carry out thermo-mechanical fatigue tests (inductive heating)



Instrumented creep tests: view of Mayes machines



Instrumented Wolpert Pendulum of 30 and 50 J

Il Laboratorio è costituito da un sistema integrato di attrezzature e competenze nel campo della caratterizzazione meccanica (trazione, compressione, flessione, fatica oligociclica, fatica termo-meccanica, creep, impatto ecc.). Può effettuare prove meccaniche tradizionali a caldo e a temperatura ambiente, prove di creep strumentato e prove di resilienza. L'insieme di tali prove si rende necessario per la verifica del comportamento meccanico a temperatura ambiente ed alle temperature caratteristiche di impiego nel settore energetico dei materiali strutturali. Si rende necessario altresì nello studio e nella determinazione di caratteristiche termo-meccaniche di nuovi materiali strutturali impiegabili nel settore energetico.

Potenziali utenti: industrie del settore energetico.

Sin dal 1983, il Laboratorio ha contribuito alla caratterizzazione meccanica di materiali di nocciolo veloce per poi passare, con la rinuncia ai programmi del nucleare da fissione, nel campo della caratterizzazione meccanica e termo-meccanica di leghe metalliche per la fusione, contribuendo allo sviluppo degli acciai martensitici a bassa attivazione in particolare nel campo della fatica termo-meccanica e nella caratterizzazione meccanica a freddo di materiali ceramici monolitici e compositi.

Il Laboratorio è dotato di:

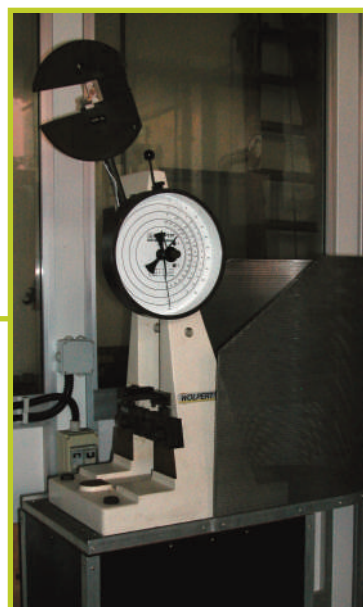
- due macchine universali per prove elettromeccaniche da 100 kN equipaggiate per prove in temperatura (max 1050 °C);
- una macchina per fatica termomeccanica da 100 kN per temperature massime di 750 °C;
- 12 macchine per prove strumentate di scorrimento viscoso (temperatura max 850 °C);
- pendolo strumentato charpy con mazza da 30 e da 50 J per prove di resilienza su micro campioni (micro-charpy kst), e studio della meccanica della frattura ad impatto;
- micromacchina universale elettromeccanica a bassa capacità (5-500 kg).



Macchine universali per prove meccaniche MAYES EMS 100 da 100 kN



Macchina Universale Mayes da 100 kN per fatica termo-meccanica (riscaldamento induttivo)



Pendolo Strumentato Wolpert da 30 e 50 J



Vista di insieme delle macchine Mayes per prove di scorrimento viscoso (creep) strumentato

The corrosion and environmentally assisted cracking (EAC) Laboratory is provided with experimental loops and prototype devices to study the behaviour of materials in simulated operative conditions and to assess their susceptibility to damaging phenomena (stress and fatigue corrosion, hydrogen embrittlement) leading to premature in-service fracture. The Laboratory is equipped with electromechanical testing machines (deformation rates down to 10^{-3} - 10^{-7} mm s⁻¹), which are fitted onto:

- **a recirculating autoclave circuit, suitable for the evaluation of the EAC resistance of structural materials exposed to pressurised water coolants, just like in the EPR primary pipings;**
- **a fully instrumented prototype testing vessel, compatible with molten nitrate and appropriate for the EAC characterization of materials working with this salt as heat exchanger medium, just like in the intermediate circuit of the Gen IV ESFR (one of the CEA concepts);**
- **an electrochemical setup which has been specially devised for hydrogen in-situ charging experiments at high temperatures and is of interest to study the effect on material properties of transmutation hydrogen produced by neutron irradiation in accelerator-driven sub-critical reactors (ADS).**

Potential users: industrial manufacturers of nuclear power plants.

The recirculating autoclave loop was built in 1992 by the Cormet Oy company from Finland, based on ENEA specifications. It was designed to simulate high-temperature pressurized water coolant conditions with a controlled chemistry (pH, conductivity, special additives and dissolved gas). It has been employed to characterize the low-cycle fatigue behaviour of materials for ITER and DEMO reactor components.

The molten nitrate prototype system with compatible extensometers has been entirely developed at the ENEA corrosion laboratory during the 2002-2003 period to assess the effect of salt environment on the fatigue strength of structural materials for the primary circuit of the Archimede demonstration solar plant.

The electrochemical apparatus for hydrogen charging during mechanical tests has been designed and realized by the ENEA corrosion laboratory in low-temperature (aqueous electrolyte) and high-temperature (molten sulphates) versions for the European Fusion and Fission Material Programme activities 2000-2005, with the purpose of determining the risk of hydrogen embrittlement damage in the DEMO blanket structures and in the ADS target window.

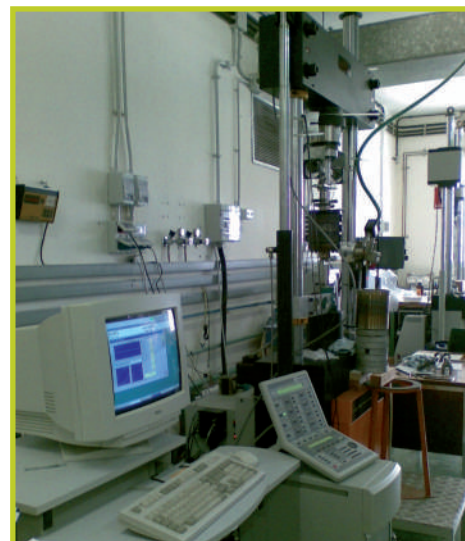
All the testing machines are equipped with dedicated vertical furnaces for reference tests in inert atmosphere.



Recirculating autoclave circuit for mechanical tests in high-temperature pressurized water: view of the low-temperature circuit for water chemistry conditioning and control



Modified version of hydrogen analyzer (LECO RC 412), one of the components of the prototype system for hydrogen embrittlement tests by means of in-situ electrochemical charging



Computer-controlled electromechanical testing machine (Instron 8862) and data acquisition system, one of the components of the prototype setup for mechanical tests in molten nitrate

Il Laboratorio di corrosione e della frattura assistita dall'ambiente (EAC, Environmental Assisted Cracking) è dotato di impianti e sistemi prototipi per lo studio della tensocorrosione, corrosione a fatica e infragilimento da idrogeno dei materiali (e saldature) in ambienti di servizio simulati. Il Laboratorio è equipaggiato con macchine elettromeccaniche Instron 8862 in grado di raggiungere velocità di deformazione estremamente ridotte (10^{-3} - 10^{-7} mm s⁻¹) accoppiate a:

- **un circuito a ricircolo con autoclave che consente la caratterizzazione a EAC di materiali strutturali per il circuito primario dei reattori nucleari a fissione raffreddati ad acqua pressurizzata, in particolare EPR;**
- **un sistema prototipo a nitrati fusi che permette la caratterizzazione a EAC di materiali strutturali per il circuito intermedio dei reattori veloci di IV generazione raffreddati a sodio (SFR) secondo il concetto CEA per ESFR;**
- **un sistema prototipo per il caricamento elettrochimico di idrogeno che consente la caratterizzazione dell'interazione idrogeno-materiali strutturali nei reattori nucleari ibridi pilotati da fascio di protoni e finalizzati alla trasmutazione dei rifiuti radioattivi.**

Potenziali utenti: produttori di impianti nucleari.

Il circuito a ricircolo con autoclave, realizzato su specifiche ENEA dalla ditta finlandese Cormet-Oy nel 1992 per la simulazione dei refrigeranti acquosi ad alta temperatura e pressione con chimica controllata (pH, conducibilità, gas (O₂, H₂) disciolti), è stato utilizzato per la caratterizzazione a fatica oligociclica di materiali strutturali per i componenti della macchina ITER e del reattore DEMO.

Il sistema prototipo a nitrati fusi con estensimetria compatibile è stato sviluppato dall'ENEA nel periodo 2002-2003 per lo studio della corrosione a fatica dei materiali strutturali per il circuito primario dell'impianto solare termodinamico Archimede.

Il sistema prototipo per il caricamento elettrochimico di idrogeno fino a 300 °C durante prove meccaniche è stato sviluppato dall'ENEA dal 2000 in versioni bassa (elettrolita acquoso) e alta (elettrolita a solfati fusi) temperatura per attività finanziate da CE circa l'infragilimento da idrogeno di materiali strutturali per la finestra della sorgente di spallazione delle macchine ADS (Accelerator Driven Systems) e per il blanket del reattore DEMO.

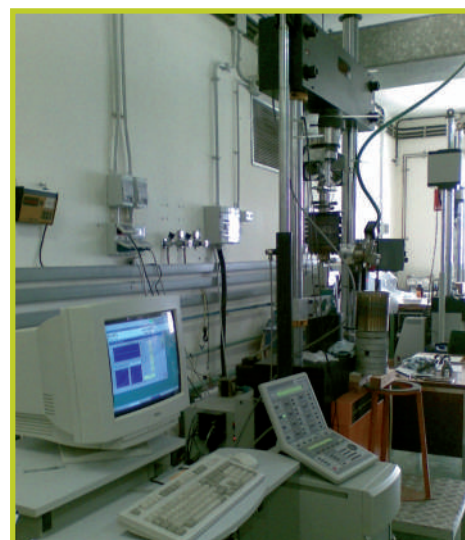
Le macchine sono equipaggiate da forni verticali compatibili per prove di riferimento in atmosfera inerte.



Circuito a ricircolo con autoclave per prove meccaniche in acqua ad alta temperatura e pressione: circuito bassa temperatura per il condizionamento e controllo della chimica dell'acqua



Analizzatore di idrogeno LECO RC412 modificato, uno dei componenti del dispositivo prototipo per prove di infragilimento da idrogeno con caricamento elettrochimico in-situ



Macchina elettromeccanica Instron 8862 con sistema di gestione remota/acquisizione dati, uno dei componenti del dispositivo prototipo per prove meccaniche in nitrati fusi

The ENEA Metrology Laboratory SIT Centre 10 operates under the SNT (National Calibration System) established by Law 273 issued on August 1991. The SIT (Italian Calibration Service) operates within the SNT and is composed by INRIM (National Institute of Metrological Research) as to mechanical, electrical and optical measurement units, and ENEA-INMRI as to ionizing radiation. SIT Centre 10 performs calibrations recognized by SNT on the following physical units: Temperature (-80÷250 °C) and Electrical units D.C. The certificates issued by accredited sizes are internationally recognized by the agreement for mutual recognition EA.

Potential users: public local administrations and SMEs.

The Laboratory performs the following additional activities:

- training courses for metrological laboratory staff;
- participation in national and international audits on measurements of ENEA expertise;
- participation in working groups and SIT technical committees.

Following the excellent prototype results, it was decided to industrialize a System called STASI (System for Calibration of Accelerometers and Seismometers). STASI is an instrument allowing to carry out acceleration chains' measurements in the frequency range 0.01÷10 Hz, with an acceleration range between 1 and 10 ms⁻². Currently STASI is unique in Europe for calibration accelerometers in frequency <0.5 Hz and integrates seamlessly with the traditional system in the frequency range 10 to 10,000 Hz already present in the Laboratory.



STASI System for accelerometer calibration in the frequency range 0.01÷10 Hz



Traditional calibration system for accelerometers in the frequency range 10÷10,000 Hz



Calibration system for temperature-measuring instruments

Calibration system for electric measurement instruments



Il Centro SIT n. 10 dell'ENEA s'inserisce nel Sistema Nazionale di Taratura (SNT) istituito con la legge 273 dell'Agosto 1991. In ambito SNT opera il SIT (Servizio Italiano di Taratura), che è composto dall'INRIM (Istituto Nazionale per la Ricerca Metrologica) per le grandezze meccaniche, elettriche ed ottiche e l'ENEA-INMRI per le radiazioni ionizzanti.

Il Centro SIT n. 10 effettua tarature riconosciute SNT per le seguenti grandezze fisiche: temperatura (-80 ÷ 250 °C); grandezze elettriche in continua.

I certificati emessi per le grandezze accreditate sono riconosciuti a livello internazionale per l'accordo di mutuo riconoscimento EA.

Potenziali utenti: Pubblica amministrazione locale e piccola e media impresa.

Il Laboratorio svolge anche le seguenti attività:

- corsi di formazione per personale operante in laboratori di taratura;
- partecipazione ad audit nazionali ed internazionali sulle misure di competenza;
- partecipazione a gruppi di lavoro e comitati tecnici del SIT.

Recentemente è stato sperimentato con successo nel Laboratorio il Sistema STASI (Sistema per la Taratura di Accelerometri e Sismometri) per la taratura di sismometri ed accelerometri (frequenze 0,01 ÷ 10 Hz). Il sistema è attualmente unico in Europa per frequenze < 0,5 Hz e si integra perfettamente con il sistema tradizionale da 10 a 10.000 Hz già presente nel Laboratorio.



Sistema STASI per la taratura di accelerometri (frequenze 0,01 ÷ 10 Hz)



Sistema tradizionale per la taratura di accelerometri (frequenze 10 ÷ 10.000 Hz)



Sistema di taratura strumenti per la misura di temperature

Sistema di taratura strumenti per misure di grandezze elettriche



The Laboratory allows the radiological characterization of radioactive materials and wastes by means of Non Destructive Assay (without chemical or physical modification of the object to be characterized).

Potential users: nuclear fuel cycle operators (Sogin, ENEL, Ansaldo, etc.), national nuclear authority (ISPRA), G8-NPEG Group (against illicit traffic of nuclear materials).

Qualitative and quantitative activity measurements are carried out on radioactive materials, i.e.: Gamma Spectrometry Scan, In Situ Gamma Spectrometry and Passive Neutron Assay.

The Gamma Spectrometry Scan System (SRWGA) can perform three different measuring analyses (Segmented Gamma Scanning, Angular Scanning, Emission and Transmission Tomography) that lead to the spatial distribution of both radioactive materials and matrix density inside the sample: the knowledge of those distributions allows the complete characterization of the sample in terms of gamma-emitting radionuclides.

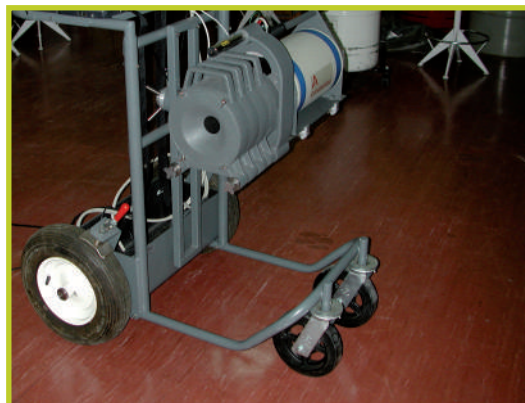
The In Situ Spectrometry System (ISOCS) allows the detection efficiency calculation, without a prior calibration, for a wide variety of sample shapes, sizes, densities and distances between the sample and the detector, simply by describing the geometrical and physical experimental set-up to the software. The application range could be very wide: surface contamination maps, radiological characterization of objects in problematic situations (pumps, pipes, buried materials, etc.).

The Passive Neutron Assay System allows the quantification of fertile materials (plutonium isotopes 238, 240 and 242) inside a sample to be characterized.

The Laboratory is a permanent member of the European Network of Testing facilities for the quality checking of RAdioactive waste Packages (www.en-trap.eu), a network of Laboratories constituted by the European Commission as the technical and scientific reference for the National Security and Control Authorities involved in Radioactive Waste Management.



Measurements on drums containing gamma-emitting radionuclides: SRWGA System (Sea Radioactive Waste Gamma Analyser)



Measurements on objects containing gamma-emitting radionuclides: ISOCS System (In Situ Object Counting System)

Il Laboratorio consente la caratterizzazione radiologica di materiali e rifiuti radioattivi mediante tecniche di misura non distruttive, che cioè non modificano la natura chimica e fisica del campione.

Potenziali utenti: operatori del settore del ciclo del combustibile nucleare (Sogin, ENEL, Ansaldo ecc.), Autorità di Controllo (ISPRA), Gruppo G8-NPEG per la prevenzione e lotta al traffico illecito di materiale nucleare.

La tipologia e l'attività del materiale radioattivo vengono determinati tramite misure non distruttive quali: Spettrometria gamma a scansione o in situ e Misure neutroniche passive.

Il Sistema per la Spettrometria gamma a scansione implementa tre tecniche di misura (Segmented Gamma Scanning, Angular Scanning, Tomografia in emissione e trasmissione) che permettono la ricostruzione della distribuzione di attività dei radionuclidi in manufatti contenenti rifiuti radioattivi (fusti da 200 o 400 litri), nonché la distribuzione della densità della matrice di contenimento.

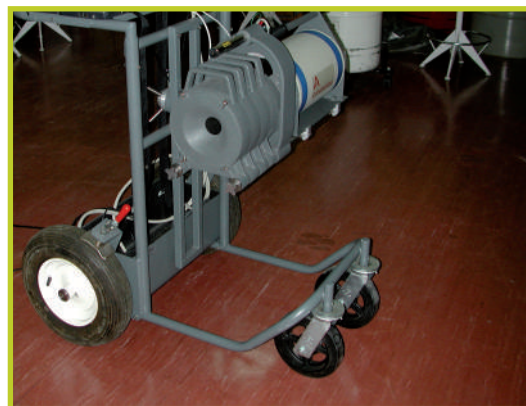
Il Sistema per la Spettrometria gamma in situ consente di ottenere l'efficienza di rivelazione nella configurazione di misura descrivendo al software la geometria e i materiali presenti, senza necessità di taratura. Queste caratteristiche permettono vari tipi di applicazioni: mappatura di contaminazione superficiale, stima dell'attività presente in oggetti di varie dimensioni, rivelazione di materiale radioattivo in condizioni altrimenti difficilmente monitorabili (condotte, pompe...).

Il Sistema di misura neutronico passivo permette di determinare la massa di materiale fertile (isotopi pari del plutonio) presente nel manufatto da caratterizzare.

Il Laboratorio è membro permanente dello European Network of Testing facilities for the quality checking of RAdioactive waste Packages (www.en-trap.ue), rete di laboratori costituita dalla UE come riferimento tecnico-scientifico per le autorità di sicurezza nazionali interessate alla caratterizzazione dei rifiuti radioattivi.



Misure su manufatti contenenti gamma-emettitori: Sistema di misura SRWGA (Sea Radioactive Waste Gamma Analyser)



Misure su campioni di varie geometrie contenenti gamma-emettitori: Sistema di misura ISOCS (In Situ Object Counting System)

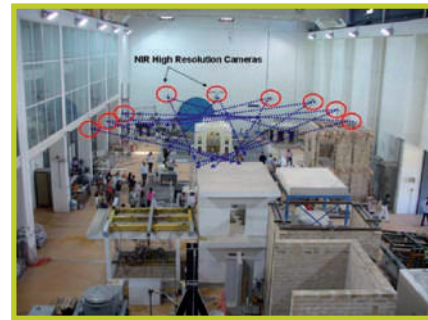
The DySCo (Structural Dynamics, numerical Simulation, Qualification tests and vibration Control) Virtual Laboratory is the first example in Italy of remotely-shared experimental tests on a network platform consisting of two large-scale 6DOF oleodynamic seismic tables and two electrodynamic shakers for seismic and vibration qualifications of systems and components. It is a virtual area where experimental results can be shared and exchanged in real time via the Internet.

Potential users: manufacturers of components and systems – also nuclear – to be subjected to qualification tests for seismic and vibration resistance.

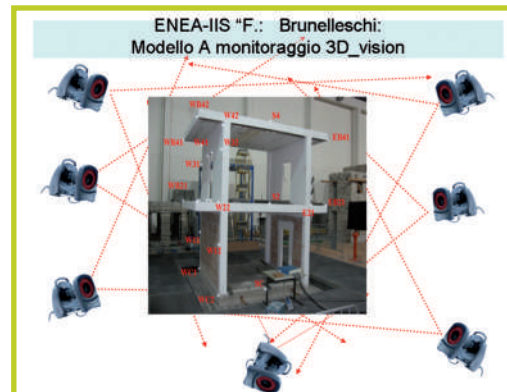
Data acquisition is performed by a new, innovative, high-resolution, motion-capture 3D system called 3D-Vision. It uses a constellation of high-resolution Infrared Cameras to measure accurate 3-D positions of hundreds of markers placed on the structure during the seismic tests. The 3D-Vision system is able to track the 3D motion of several selected points of the structures in terms of displacement, speed and acceleration. Experimental results are available in real time via the Internet and can be used by the ENEA-GRID and more specifically by the ENEA-CRESCO (Computational RESearch center on COMplex system) facilities for numerical computation. Measuring the displacements is a crucial task for the numerical and experimental studies in structural dynamics, especially within the displacement-based approach in seismic design and calculations.

ENEA-GRID and CRESCO facilities give remote users the capabilities of parallel computation and the opportunity to run structural analysis of heavy finite element models by the most important commercial code by different access privileges and web interface.

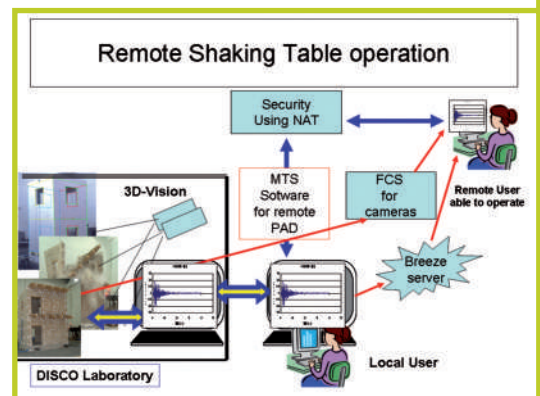
The DySCo Virtual Laboratory stems from many research projects of seismic protection for masonry, concrete and mixed structures such as: TREMA, RELUIS and TELLUS STABILITA. Moreover, the innovative antiseismic devices named EARLYPROT, for seismic protection of nuclear system and components, sensitive equipment and art objects were tested in DySCo Virtual Laboratory.



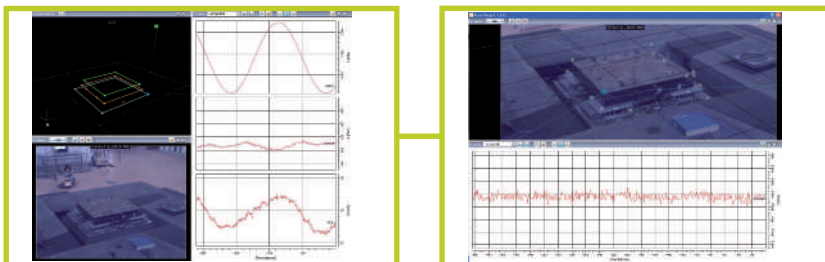
3D-VISION system: position of the cameras to detect the motion of the markers



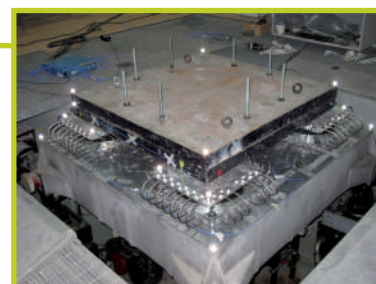
Structure of DySCo Laboratory: partners share images and data remotely during the tests, discuss, and manage experimental results



Example of a real-time test of the innovative EARLYPROT seismic devices



Networking scheme of nuclear qualification similar to ENEA-GRID. UNICEN laboratories (subcommittee 3-nuclear plants) for reception of nuclear international regulations into the Italian ones are shown in the figure



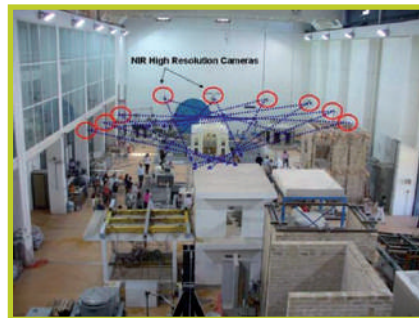
Il Laboratorio virtuale DySCo (structural Dynamics, numerical Simulation, qualification tests and vibration Control) è il primo esempio in Italia di laboratorio per la partecipazione a distanza, da parte dei partner e committenti interessati, alle prove su tavole vibranti e shaker elettrodinamici di componenti e sistemi da qualificare a vibrazioni e sollecitazione sismica, con scambio dei dati in tempo reale.

Potenziali utenti: industria e costruttori di componenti e sistemi, anche nucleari, da qualificare per resistenza a vibrazioni e sollecitazione sismica.

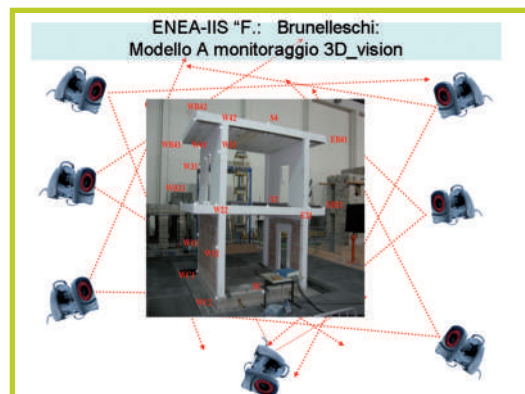
L'acquisizione dei dati è realizzata mediante un sistema innovativo denominato 3D-Vision, di tipo "motion capture 3D ad alta risoluzione", che utilizza una costellazione di telecamere all'infrarosso (NIR) ad alta risoluzione per rilevare il moto nello spazio di speciali marcatori la cui traiettoria definisce il moto completo dei punti selezionati (spostamenti, velocità e accelerazioni). I dati sono direttamente assimilabili via Internet, attraverso l'infrastruttura ENEA-GRID, nei data base e nei modelli numerici disponibili presso il "Centro computazionale di RicErca sui Sistemi Complessi" (CRESCO) ed in linea con l'approccio agli spostamenti nella progettazione strutturale in ingegneria sismica.

Tramite sistema di autenticazione e intuitiva interfaccia web, il generico utente remoto dispone inoltre sia dei diversi software di analisi strutturale distribuiti nell'infrastruttura di calcolo che dell'intera potenza di elaborazione parallela della griglia computazionale ENEA-GRID.

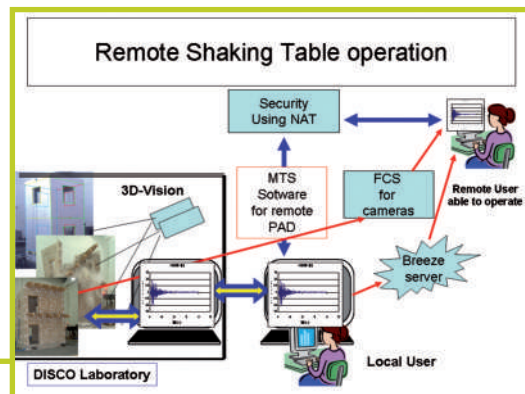
Il Laboratorio virtuale DySCo è stato realizzato da ENEA nell'ambito dei progetti di ricerca TREMA, RELUIS e TELLUS STABILITA per la protezione sismica di edifici in muratura, in c.a. e misti. Le competenze presenti nel Laboratorio hanno consentito la caratterizzazione dei dispositivi antisismici EARLYPROT, per la protezione sismica di componenti e sistemi nucleari, apparecchiature delicate e opere d'arte.



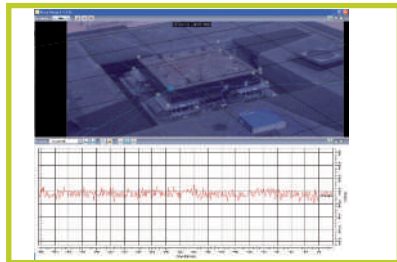
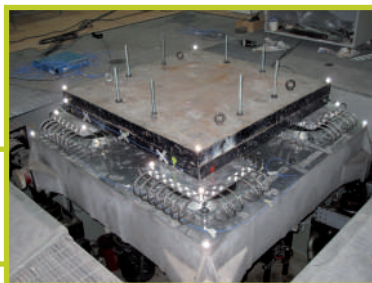
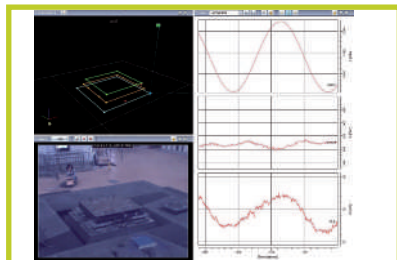
Schema di funzionamento sistema 3D-VISION



Struttura del Laboratorio DySCo: il partner della sperimentazione condivide le immagini e i dati in remoto durante la prova e collabora nell'interpretazione dei risultati e nella gestione dell'esperimento



Esempio di condivisione in tempo reale della prova di caratterizzazione dispositivi antisismici innovativi EARLYPROT



Schema concettuale della messa in rete nazionale dei laboratori di qualifica nucleare in analogia con il grid ENEA. I laboratori indicati sono quelli UNICEN (sottocommissione 3 – impianti nucleari) per la ricezione delle norme internazionali nelle norme italiane per il nucleare

The Nuclear Research Reactor TAPIRO (Italian acronym for "Taratura Pila Rapida a potenza 0") is a fast neutron source. TAPIRO provides a family of neutron spectra of extremely variable hardness, most suitable to many reactor metrology applications: benchmark experiments in order to validate neutronic codes; neutron activation analysis; investigation of fast neutron radiation damage; testing of innovative detectors; training and education.

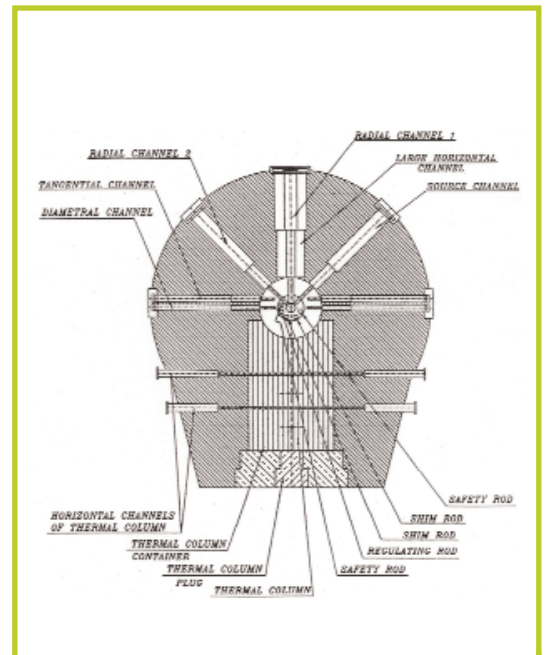
Potential users: universities and research laboratories involved in nuclear and medical fields; nuclear power and nuclear components industries.

The project was based on the general concept of AFSR (Argonne Fast Source Reactor – Idaho Falls) and it was entirely developed by ENEA.

Since 1971, it has been used for investigation on neutron activation analysis, fast neutron damage, biological effects of fast, epithermal and thermal neutrons, etc.

The reactor's main features are:

- Maximum power: 5 kW
- maximum neutron flux: $4 \cdot 10^{12} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ @ 5 kW
- reflector material: copper
- coolant type: He
- Irradiation channels:
 - 2 horizontal radial channels
 - 2 vertical channels
 - 1 diametral channel
 - 1 tangential channel
 - 1 thermal column (a large experimental cavity of 1.6 m^3).



Horizontal section



Biological shield

Il reattore nucleare di ricerca TAPIRO (TAratura PIIa Rapida a potenza 0) è una sorgente di neutroni veloci. Può fornire una vasta gamma di spettri neutronici e può, pertanto, essere utilizzato in molti settori per: la validazione dei codici di calcolo di nocciolo impiegati nella progettazione dei reattori di IV Generazione; lo studio del danneggiamento dovuto a neutroni veloci; la sperimentazione per la produzione di dati nucleari; la valutazione del danno indotto da neutroni su componentistica esposta a campi neutronici; la qualificazione di catene di rivelazione innovative; il supporto alla didattica nei corsi di Ingegneria Nucleare.

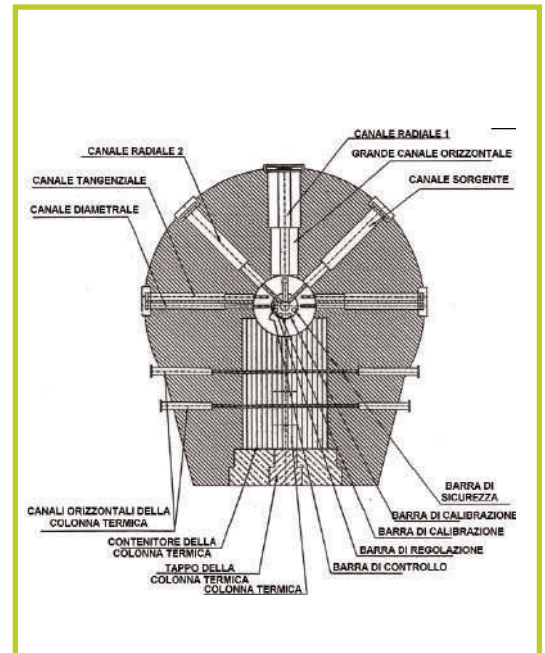
Potenziali utenti: università ed enti di ricerca del settore nucleare e medico, industrie coinvolte nella realizzazione di componenti nel settore nucleare.

Il progetto del reattore è stato realizzato dall'ENEA ed è basato, come concezione generale, sull'AFRS (Argonne Fast Source Reactor).

Il reattore ha raggiunto la sua prima criticità nel 1971 ed è stato utilizzato per l'analisi in attivazione neutronica, il danneggiamento da neutroni veloci, lo studio degli effetti biologici dei neutroni veloci, epitermici e termici ecc..

Queste le sue caratteristiche principali:

- Potenza massima: 5 kW
- Flusso neutronico max: $4 \cdot 10^{12}$ n/cm²/s @ 5 kW
- Riflettore in rame
- Raffreddamento mediante He
- Facilities di irraggiamento:
 - 2 canali radiali orizzontali
 - 2 canali verticali
 - 1 canale diametrale
 - 1 canale tangenziale
 - 1 colonna termica (volume max: 1,6 m³).



Sezione orizzontale



Schermo biologico

The TRIGA RC-1 (Training Radio Isotope General Atomic Reactor Casaccia 1) nuclear research reactor is a source of thermal neutrons that can be used for: neutron radiography and tomography; neutron irradiation of materials; characterization of neutron detector; experimental support to training courses in Nuclear Engineering.

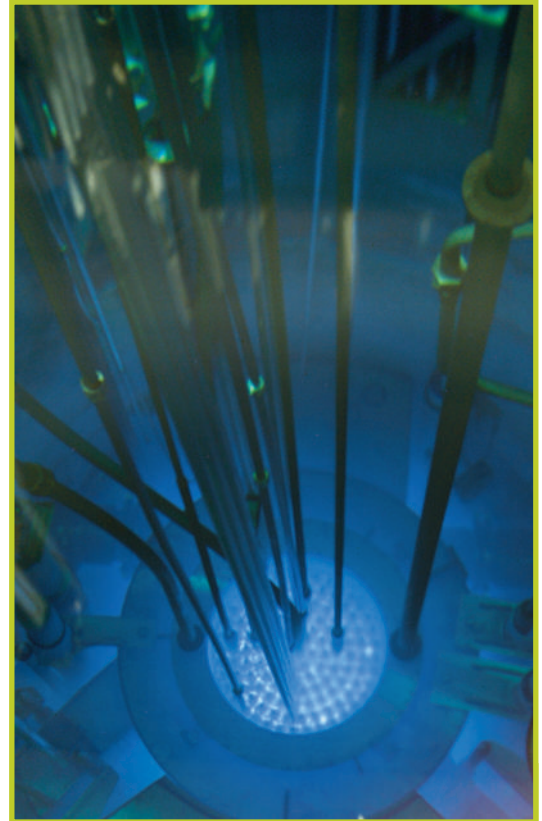
Potential users: universities and research institutes in nuclear and medical sciences, manufacturers of nuclear reactors and components.

Built in 1960 in its first version with 100 kW power as part of the U.S. Atom for Peace initiative, in 1963 its power was upgraded to 1 MW based on the ENEA staff design. It was used as:

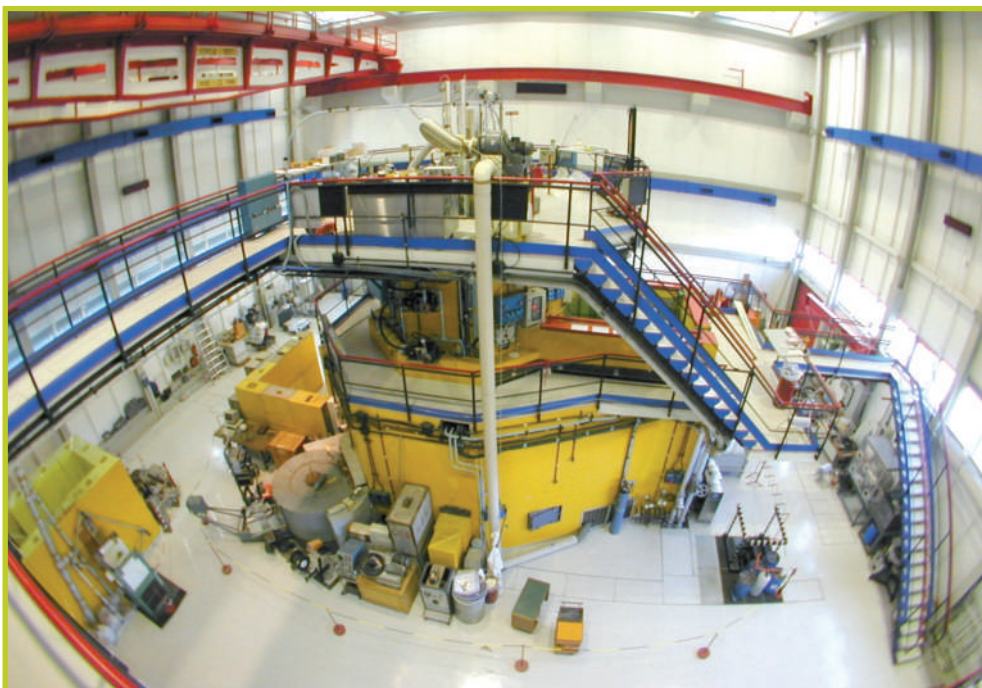
- training tool for Italian knowledge on neutron physics and nuclear engineering
- source of neutron production for irradiation in support of material science, biology and for the development of radio pharmaceuticals.

The reactor's main features are:

- Maximum power: 1 MW
- Maximum neutron flux: $2.7 \cdot 10^{13} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ @ 1 MW
- Water cooling by natural convection
- Irradiation Facilities:
 - 1 central channel
 - 40 positions in rotating rack
 - 1 thermal column
 - 1 neutron collimated channel
 - 5 horizontal neutron channels.



Reactor core with Cherenkov effect



Reactor hall and biological shielding

Il reattore nucleare di ricerca TRIGA RC-1 (Training Radio Isotope General Atomic Reattore Casaccia 1) è una sorgente di neutroni termici che può essere utilizzata per: radiografia e tomografia con neutroni; irraggiamento neutronico di materiali; qualificazione di rivelatori di neutroni; supporto alla didattica dei corsi di Ingegneria Nucleare.

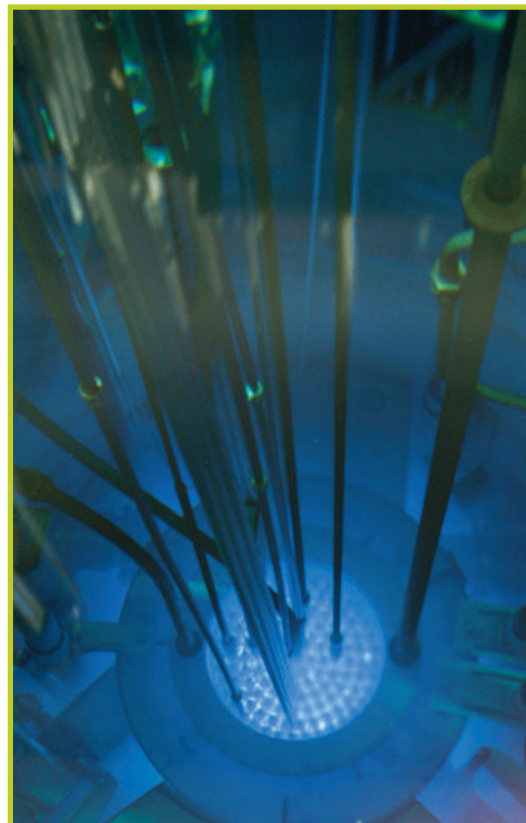
Potenziali utenti: università ed enti di ricerca del settore nucleare e medico, produttori di reattori e componenti nucleari.

Realizzato nel 1960 nella versione a 100 kW nell'ambito dell'iniziativa USA Atom for Peace, portato nel 1963 alla potenza di 1 MW su progetto ENEA, è stato utilizzato:

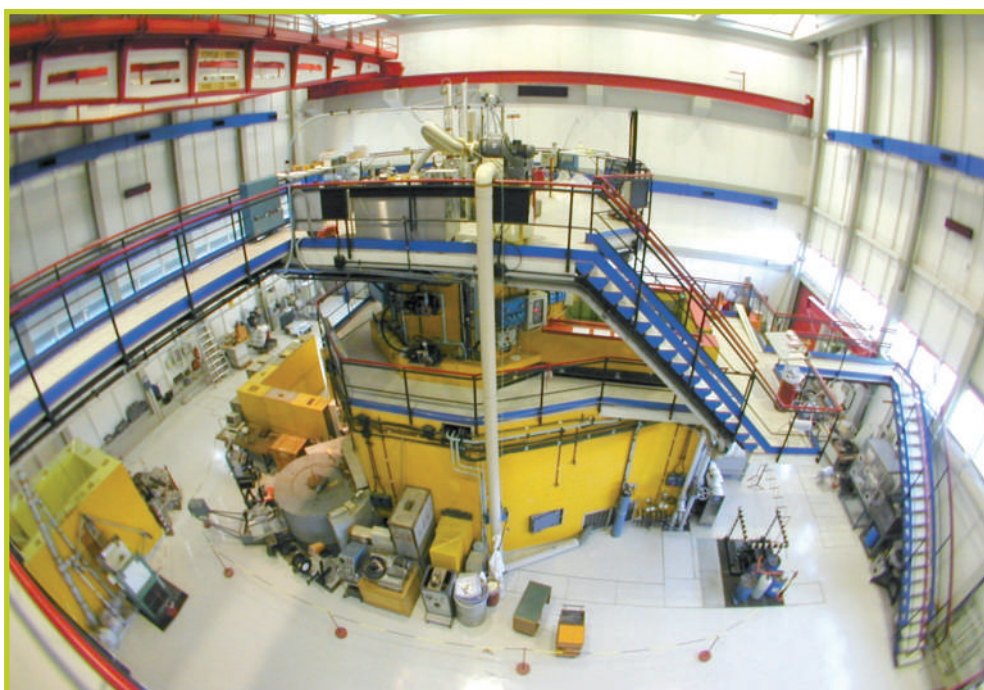
- come strumento di formazione delle competenze italiane di fisica dei neutroni e di ingegneria nucleare
- per la produzione di neutroni per irraggiamenti a supporto della scienza dei materiali, della biologia e dello sviluppo di radio farmaci.

Queste le sue caratteristiche principali:

- Potenza massima: 1 MW
- Flusso neutronico max: $2,7 \cdot 10^{13} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ @ 1 MW
- Raffreddamento ad acqua in circolazione naturale
- Facilities di irraggiamento
 - 1 canale centrale
 - 40 postazioni in rastrelliera girevole
 - 1 colonna termica
 - 1 fascio di neutroni collimati
 - 5 canali orizzontali di estrazione di neutroni.

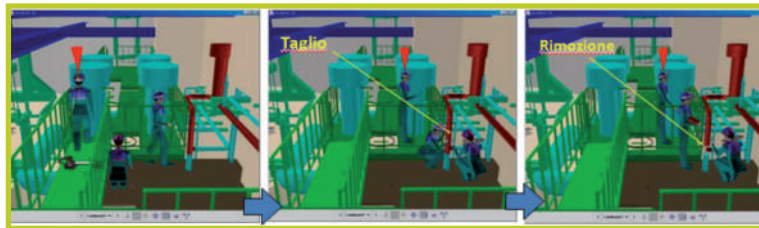


Nocciolo con radiazione Cherenkov



Sala reattore e schermo biologico

The Laboratory develops know-how and ICT technologies targeted at virtual reality applications for in-service inspections in hostile environments, and at on-line monitoring, sensor data validation and system diagnosis / prognosis through neural networks and resonance techniques.



Example of component cut and removal

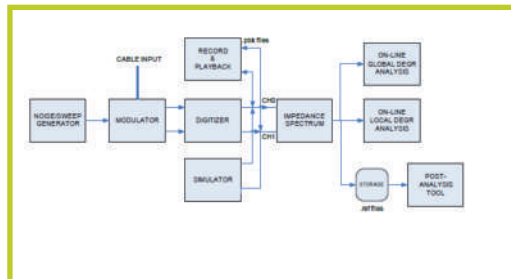
Potential users: nuclear plant builders, registrants and licensees of control systems and complex plants – like nuclear and/or other systems – where sensor data validation and early diagnosis of malfunctions are necessary safety requirements.

Nowadays all control systems of new nuclear plants are heavily digitalized. Instrumentation and control systems, and the related hardware and software platforms make ever more use of on-line monitoring and virtual simulation systems. ENEA has long gained experience in this field through national and international collaborations, such as, e.g.:

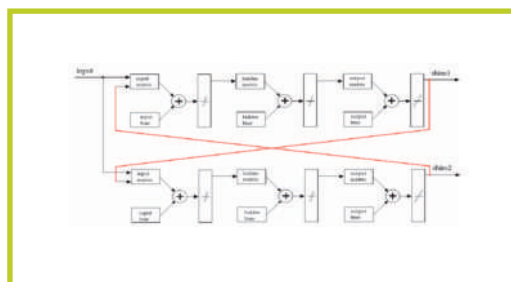


Radiation viewing

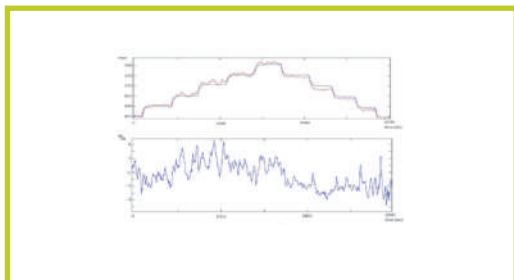
- **VIRTUALDECOM**, a software system developed for the dismantling of glove boxes of the plutonium (IPU) laboratory at the ENEA Casaccia Research Centre. It is a virtual reality application targeted at:
 - simulating operations
 - viewing radiation
 - calculating occupational dose.
- **LIRA (Line Resonance Analysis)** system, allowing to monitor cable systems, identify malfunctions of electrical cables, and direct actions to be undertaken by the operator. LIRA has been developed in the framework of ENEA participation in the international OECD-NEA Halden Reactor Project (HRP).
- **Neural network systems**, developed in collaboration with Politecnico di Milano, to constantly validate data from plant sensors. Specifically they provide in-core measurement validation of the control rods position at ENEA TRIGA reactor, based on simulations and comparisons between calculated and real data.



LIRA system - Block scheme

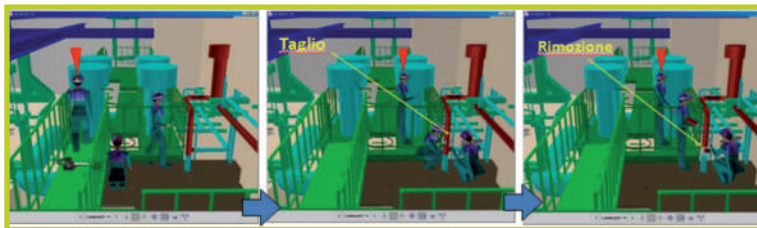


Neural network structure



Simulation results

Il Laboratorio sviluppa know-how e tecnologie ICT per applicazioni di realtà virtuale finalizzata all'ispezione in ambienti ostili e per la messa a punto di sistemi di monitoraggio on-line mediante reti neurali e sistemi a risonanza.



Esempio di taglio e rimozione di un componente

Potenziali utenti: costruttori di impianti nucleari, esercenti di sistemi di controllo per impianti complessi, in particolare impianti e sistemi nucleari, per i quali la validazione dei dati sensoriali e la diagnosi precoce dei guasti sono importanti per la sicurezza.

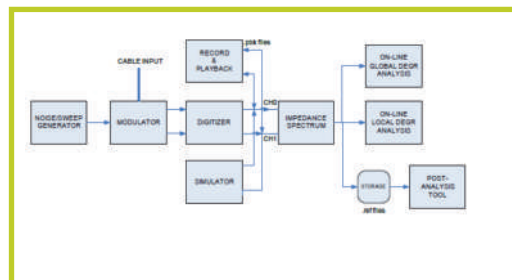
Tutti i sistemi di controllo delle nuove centrali nucleari sono fortemente digitalizzati. Strumentazione e controllo, e relative piattaforme hardware/software, utilizzano sempre più sistemi di monitoraggio on-line e simulazione virtuale. ENEA ha da tempo maturato esperienza nel settore attraverso collaborazioni, nazionali e internazionali, riguardo ad esempio:



Visualizzazione della radiazione

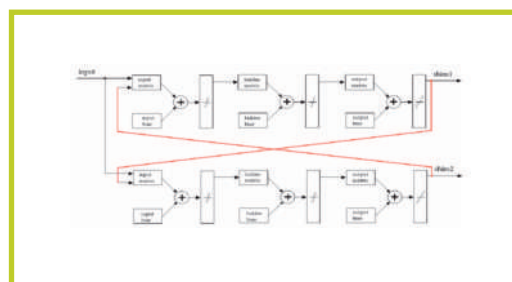
- Il sistema VIRTUALDECOM sviluppato per lo smantellamento delle SaG del laboratorio plutonio (IPU) del Centro Ricerche ENEA Casaccia, applicazione di realtà virtuale finalizzata a:

- simulazione delle operazioni
- visualizzazione della radiazione
- calcolo della dose occupazionale.



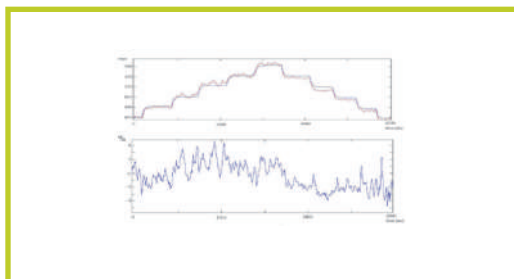
Schema a blocchi del sistema LIRA

- Il sistema LIRA (Line Resonance Analysis), sviluppato nell'ambito dell'attività comune con OECD-NEA Halden Reactor Project (HRP), che permette di tenere sotto controllo il sistema di cablaggio e di identificare i malfunzionamenti dei cavi elettrici.



Struttura della rete neurale

- I sistemi a reti neurali, sviluppati in collaborazione con il Politecnico di Milano, per la costante validazione di dati provenienti da sensori, con un'applicazione che ha riguardato in particolare la determinazione della posizione delle barre di controllo mediante dati provenienti da termocoppie posizionate all'interno del nocciolo del reattore TRIGA. I risultati ottenuti dalle simulazioni individuano un basso errore percentuale fra dati calcolati e reali.



Risultati simulazione

The FNG (Frascati Neutron Generator) 14-MeV neutron generator is primarily used to validate the nuclear data at the neutron energy of next-generation ITER plants for thermonuclear controlled fusion. The FNG facility is also used for qualification, calibration, and radiation damage resistance tests of nuclear detectors and components, and for studies on new neutron detectors.

Potential users: Italian and foreign research institutes and universities.

The FNG facility can provide accurately-measured fast neutron fluxes up to $5 \cdot 10^9$ neutrons $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$. It is based on the $T(d,n)\alpha$ fusion reaction and produces up to $1 \cdot 10^{11}$ n/s in continuous or pulsed mode. It also produces 2.5 MeV neutrons by using targets deuterated with the $D(d,n)^3\text{He}$ fusion reaction.

The FNG was designed and built by ENEA Frascati laboratories to perform experiments in neutron research in the framework of the European controlled thermonuclear fusion programs. The design of the breeding blanket and neutron shield of fusion reactors needs an experimental verification of the cross sections used for nuclear calculations and the validation of calculation methods used for the neutron transport. To do so, a special experimental activity is required, namely "benchmark experiments".



A block of silicon carbide in the irradiation position



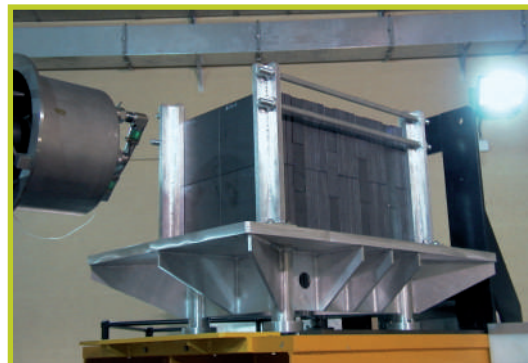
Preparing for irradiation of some samples to be activated by the neutrons produced by the FNG

Il generatore di neutroni da 14 MeV FNG (Frascati Neutron Generator) è utilizzato principalmente per validare i dati nucleari alle energie dei neutroni della prossima generazione di impianti per la fusione termonucleare controllata (progetto ITER). È usato anche per prove di qualificazione, calibrazione, resistenza al danneggiamento di rivelatori nucleari e componenti e per lo studio di nuovi rivelatori per neutroni.

Potenziali utenti: istituti di ricerca ed università, nazionali ed esteri.

L'impianto FNG, in grado di fornire flussi di neutroni veloci accuratamente misurati fino a $5 \cdot 10^9 \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, si basa sulla reazione di fusione $T(d,n)\alpha$; produce fino a $1 \cdot 10^{11} \text{ n/s}$ in modo continuo o impulsato. Produce anche neutroni da 2,5 MeV utilizzando bersagli deuterati mediante la reazione di fusione $D(d,n)^3\text{He}$.

FNG è stato progettato e costruito all'ENEA di Frascati per effettuare esperimenti di neutronica nell'ambito delle ricerche europee sulla fusione termonucleare controllata. Il progetto neutronico del mantello e dello schermo dei reattori a fusione di prossima generazione necessita di una verifica sperimentale la più accurata possibile delle sezioni d'urto nucleari utilizzate per i calcoli e una validazione dei metodi di calcolo utilizzati per il trasporto dei neutroni. Per fare questo è necessaria un'apposita attività sperimentale denominata "esperimenti benchmark".



Un blocco di Carburo di Silicio in posizione per l'irraggiamento



Preparazione di un irraggiamento di alcuni campioni da attivare con i neutroni prodotti da FNG

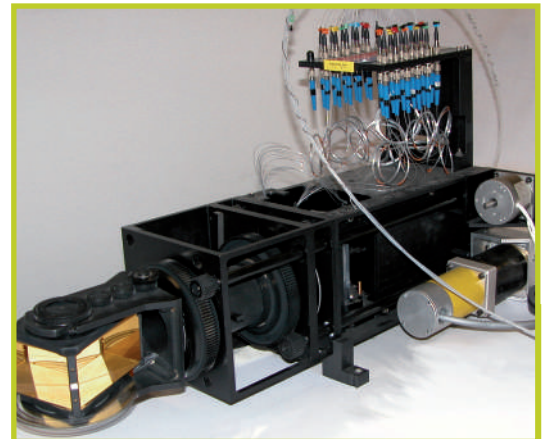
Based on an amplitude modulated laser radar, the system is able to provide high resolution viewing and ranging pictures at the same time. Developed at the ENEA laboratories for fusion reactors (Frascati), it can also be used for the vision and diagnostics of activated components of fission reactors, in hot cells and, generally, in all the environments with high ionizing radiation fluxes and doses.

Potential users: nuclear industry (Sogin, Enel, Ansaldo, etc.).

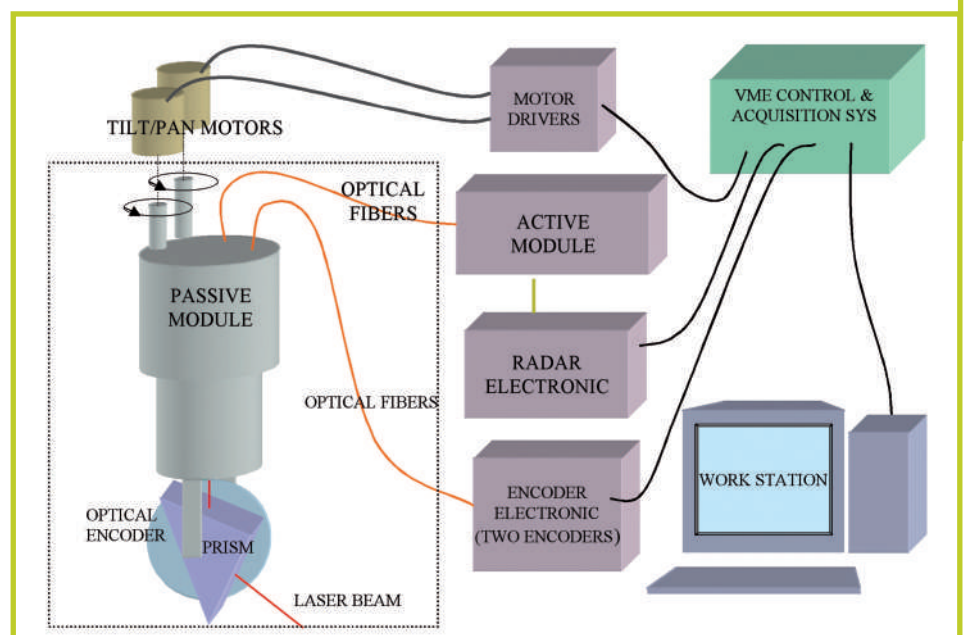
Machines for thermonuclear fusion research like JET and ITER need periodic inspections to check for damage on the in-vessel components. To overcome this limit, a prototype of Laser In Vessel Viewing and ranging System (IVVS) has been developed at laboratories in ENEA Frascati Research Centre, in the framework of the EFDA contracts for ITER relevant technologies. The system could be used in future nuclear plants, where TV systems and ccd camera cannot be successfully used due to large amounts of neutron and gamma radioactivity.

The system is based on an amplitude modulated laser radar (500 MHz) and is able to provide simultaneous high-resolution viewing and ranging pictures (1 mm @ 10 m and 1 ms pixel integration time). It will be used in ITER in the following operating conditions:

- pressure in UHV conditions: 10^{-3} Pa
- temperature: 120-240 °C
- gamma rays: 5 kGy/h
- total radiation dose: up to 10 MGy
- total neutron fluence: $5 \cdot 10^{13}$ n/cm²
- magnetic field: up to 8 Tesla.



Passive module



System architecture

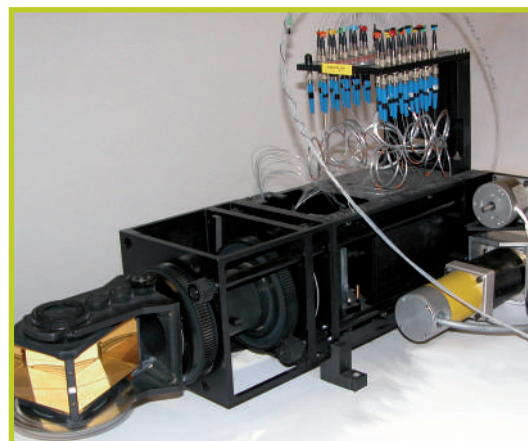
Il sistema, basato su un laser radar modulato in ampiezza, è in grado di fornire simultaneamente immagini in intensità e range con elevata accuratezza. Sviluppato dai laboratori ENEA di Frascati per i reattori a fusione nucleare, può trovare applicazione anche per la visione e diagnostica dei componenti attivati dei reattori a fissione, in celle calde e in generale in tutti gli ambienti con elevati flussi e dosi di radiazioni ionizzanti.

Potenziali utenti: industria nucleare (Sogin, Enel, Ansaldo, ecc.)

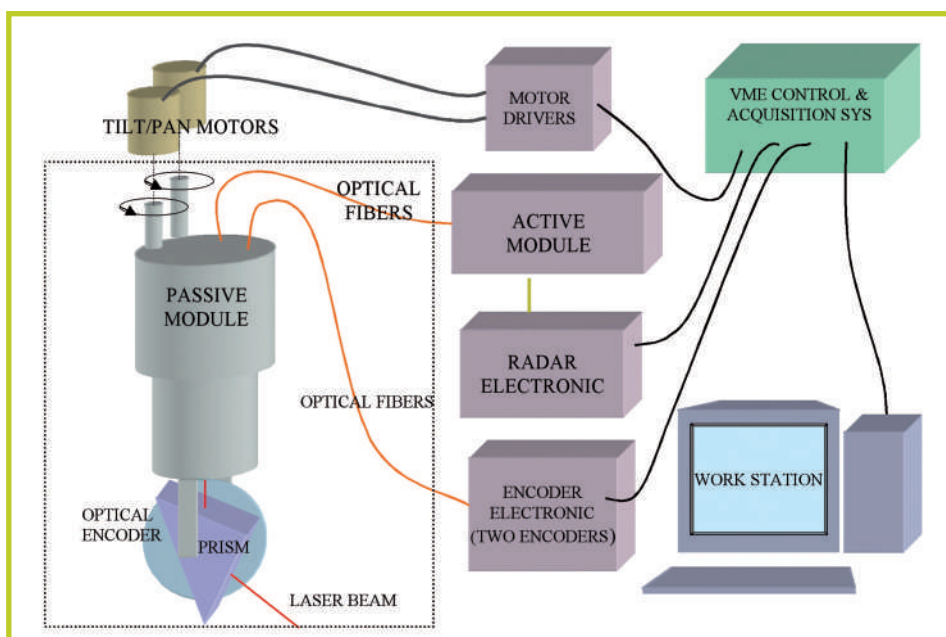
I reattori a fusione nucleare necessitano di ispezioni periodiche per controllare il degrado dei componenti del vessel durante il funzionamento. Per superare questo problema un prototipo di Laser In Vessel Viewing and Ranging System (IVVS) è stato sviluppato presso i laboratori del Centro di Ricerche ENEA di Frascati, nell'ambito del progetto internazionale ITER. Il sistema potrà essere utilizzato anche per le ispezioni negli impianti nucleari a fissione di nuova generazione in cui, essendo prodotti elevati flussi neutronici e radioattività gamma, non potranno essere utilizzati all'interno del vessel sistemi TV, ccd camera e altri apparati elettronici.

Il sistema è basato su un laser radar modulato in ampiezza (500 MHz), in grado di fornire simultaneamente immagini in intensità e range con elevata accuratezza (1 mm a 10 m di distanza e tempi di integrazione di 1 ms per pixel) e sarà usato in ITER nelle seguenti condizioni operative:

- pressione in UHV 10^{-3} Pascal
- temperatura 120-240 °C
- flusso gamma 5 kGy/h
- dose gamma di radiazione totale 10 MGy
- flusso neutronico $5 \cdot 10^{13}$ neutroni/cm²
- campo magnetico fino a 8 T.



Modulo passivo



Architettura del sistema

The Laboratory develops laser spectroscopic techniques aimed at identifying material composition and suitable to field application. Specifically, it is focused on the development of laser diagnostic systems for local and remote characterization of on-line machine components (also in vacuum and in the presence of fluids) working in hostile environments (high/low temperature, ionizing radiations).

Potential users: power plants for electrical energy production from combustion (with traditional fuels, nuclear for fission and/or fusion).

The Laboratory has specific expertise on the study of laser induced plasmas and on the development of innovative laser technologies for different applications.

The LIBS technique (Laser Induced Breakdown Spectroscopy) has long been proposed as an analytical method for element detection in industrial processes, in the safeguard and control of the environment, or in cultural heritage preservation. With respect to various laboratory analytical techniques, LIBS advantages are clear: no need for sample pretreatment, and real-time results. Currently qualitative and quantitative analyses as well as profilometry can be performed in situ on a given surface, which is particularly useful to field applications.

A specific activity has been developed in the Laboratory aimed at optimizing the LIBS technique on materials important for nuclear fusion. LIBS technique research and development activities have been carried out for the qualitative, semi-quantitative and quantitative detection of contaminants on the surface of components inside the vacuum chamber of a tokamak machine.



Transportable high-resolution LIBS system available at the ENEA Frascati Research Center; on the background, the chamber for remote analysis (2 m distance) of in-vacuum samples

Il Laboratorio opera nello sviluppo di tecniche spettroscopiche laser, applicabili sul campo, per la misura della composizione di materiali. Si propone, in particolare, per lo sviluppo di sistemi diagnostici laser per la caratterizzazione, locale e remota, di componenti di impianto in fase di esercizio (anche sotto vuoto e in presenza di fluidi) operanti in ambiente ostile (alte/basse temperature, presenza di radiazioni ionizzanti).

Potenziali utenti: Gestori di impianti per produzione di energia elettrica (combustori tradizionali e nucleari da fusione o fissione).

Il Laboratorio detiene specifiche competenze nello studio di plasmii indotti da laser e nello sviluppo di tecnologie laser innovative destinate a diversi campi di applicazione.

La tecnica LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy) è proposta da tempo come metodica analitica adatta al riconoscimento di elementi sia in processi industriali che in applicazioni di controllo e salvaguardia dell'ambiente, o di interesse per i beni culturali. I vantaggi della LIBS rispetto a tecniche analitiche più convenzionali per la determinazione elementare di singoli costituenti superficiali sono evidenti in quanto la LIBS non richiede in principio alcun tipo di pretrattamento del campione e fornisce risposte in tempi immediati. La tecnica è stata messa a punto per effettuare in situ analisi qualitative, quantitative e profilometria, risultando particolarmente utile per applicazioni sul campo.

Presso il Laboratorio è stata sviluppata una specifica attività per l'ottimizzazione della tecnica su materiali rilevanti per la Fusione Nucleare. Attività di studio e di sviluppo della tecnica LIBS sono state condotte per la determinazione qualitativa, semiquantitativa e quantitativa di contaminanti sulla superficie dei componenti interni alla camera da vuoto di un tokamak.



Sistema LIBS ad alta risoluzione, trasportabile, presente presso il Centro Ricerche ENEA di Frascati; sul fondo la camera di prova per esaminare remotamente i campioni sottovuoto (a distanza di 2 metri)

The Laboratory is focused on the development, planning and production of fiber-optic sensing systems specifically suited for thermal and structural monitoring of devices, structures and plant components. The main activities of the Laboratory are addressed to: the development of custom systems for permanent and real-time monitoring of plant components and structures whose critical role calls for applying both on-service SHM survey and structural monitoring during qualification tests in hostile environments.

Potential users: manufacturers and users of critical components.

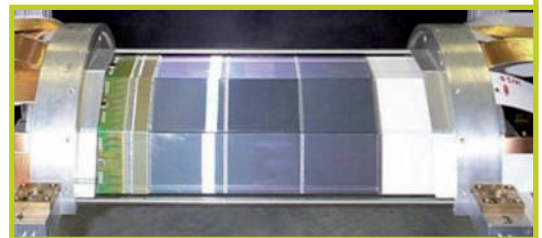
The Laboratory has gained focused knowledge in the development, planning and production of FBG (Fiber Bragg Grating) sensing systems specifically suited to monitor thermal gradients and mechanical deformation distribution. The targeted technology allows to develop distributed monitoring systems with simple cabling and minimal invasiveness, high density of sensing points, high resolution, extended measuring range, dynamic response capability and long-term stability. Moreover, FBG sensors are completely immune to e.m. disturbance and can be produced with enhanced Radiation Hardness capability. The Laboratory has worked to develop and characterise FBG sensors for application in high radiation environments.

FBG sensors are optical Strain Gauges and optical temperature sensors at the same time. Typically 5 mm long, FBG sensors are intrinsic optical sensors located inside the core of the optical fiber and neither its dimensions nor its mechanical properties are affected. The small dimension of the FBG sensor makes the monitoring 'point-like'; more sensors can be located together along the same optical fiber, thus allowing to realize distributed sensing systems to map temperature and strain over extended surfaces.

The Laboratory has gained knowledge focused on techniques well suited to embedding FBG sensors in composite, ceramic and metallic materials. Such techniques allow to develop 'smart structures', i.e. components with an embedded monitoring system that permanently provides real-time control of their very mechanical/thermal working condition.



RadHard testing of FBG sensors at the Frascati Neutron Generator plant (ENEA – Frascati Research Centre)



Silicon Microstrip Vertex Detector used in the FINUDA nuclear experiment. The laboratory has developed a distributed FBG monitoring system for real-time control of mechanical stress to be operated under high magnetic field and high fluence of ionising particles

Il Laboratorio opera nello sviluppo, progettazione e realizzazione di sistemi distribuiti in fibra ottica per il monitoraggio strutturale e termico di apparecchiature, impianti, strutture e componenti. In particolare il Laboratorio si propone per lo sviluppo di sistemi custom di monitoraggio permanente di strutture e componenti di impianto la cui criticità richieda misure di temperatura, l'applicazione di tecniche SHM in fase di esercizio, prove di caratterizzazione, test di qualificazione in ambienti ostili.

Potenziali utenti: costruttori e utilizzatori di componenti critici.

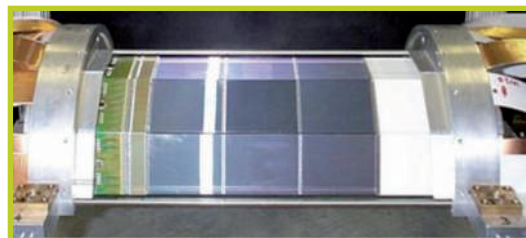
Il Laboratorio detiene specifiche competenze nello sviluppo, progettazione e realizzazione di sistemi di sensori FBG (Fiber Bragg Grating) idonei a monitorare gradienti termici e distribuzioni di deformazione. La tecnologia adottata consente la realizzazione di sistemi distribuiti di minima invasività, caratterizzati da alta densità di punti senzienti, alta risoluzione, ampio campo di misura, risposta dinamica ed elevatissima stabilità a lungo termine. Inoltre, i sensori FBG sono immuni da disturbi e.m. e possono essere prodotti con spiccate caratteristiche di Radiation Hardness. Presso il Laboratorio è stata condotta specifica attività di sviluppo e caratterizzazione RadHard di sensori FBG per applicazioni finalizzate ad impianti nucleari.

I sensori FBG sono al contempo sensori di deformazione e sensori di temperatura; tipicamente lunghi 5 mm, sono realizzati direttamente all'interno della fibra ottica senza modificarne né le dimensioni né le caratteristiche meccaniche e la loro piccola dimensione consente un monitoraggio di tipo 'puntuale'. La produzione di più sensori in una stessa fibra ottica consente la realizzazione di sistemi di monitoraggio distribuiti per la mappatura di campi/gradienti di temperatura o di deformazione.

Il Laboratorio detiene inoltre specifiche competenze nell'embedding dei sensori FBG in materiali compositi, ceramici e metallici, per lo sviluppo di sistemi di monitoraggio permanente integrati (Smart Structure).



Esecuzione di prove di caratterizzazione RadHard di sensori FBG presso l'impianto Frascati Neutron Generator del Centro Ricerche ENEA di Frascati



Silicon Microstrip Vertex Detector dell'esperimento di fisica nucleare FINUDA. Il laboratorio ha curato la realizzazione di un sistema di sensori FBG integrato, finalizzato al monitoraggio in tempo reale delle deformazioni strutturali del supporto posizionato in presenza di alti flussi di radiazioni ionizzate e in alto campo magnetico

The system allows to conduct research applied on metal materials, composite materials, concrete and vegetable fabrics. In particular, it can be used for:

- **characterization and defect analysis of components and new materials;**
- **quality certification of metal materials and composite materials;**
- **training activities.**

Potential users: industries operating in the sectors of naval mechanics, aeronautics, civil engineering, nuclear energy.

The facility stands out not only because of its high radiogenic power (160 mm steel thicknesses approximately), but also for its high versatility (radiogenic power range: 20 V-0.5 mA; 450 kV-2 mA).

It is endowed with innovative equipment: 450 kV-5 mA "Yxlon" X-ray pipe; automatic handling of the pipe along three directions: x; y; z (up-down along the y); radiographic-film developing-machine "Agfa Structurix NDT S"; laser pointer.

Among the specific research activities performed, the following are noteworthy:

- for the naval industry: radiographic analysis of metal armors up to 150 mm thick;
- for aerospace industry: radiographic analysis of ducts in aluminum with up to 0.5 mm thickness and 5 mm diameter;
- for civil engineering: defect analysis of pillars in armed cement and related armor; development of PND using X-ray to detect possible internal alterations in wood texture.

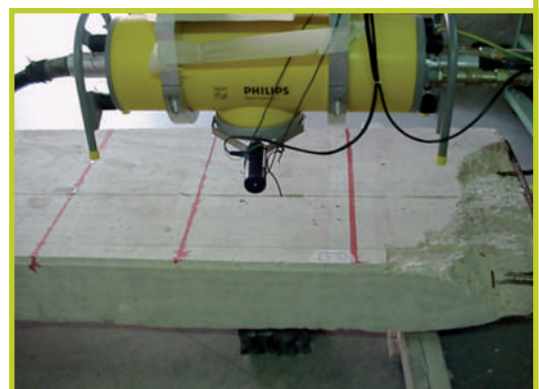
Remarkable collaborations: Ignitor; Mitras; Punta Perotti; Sinave; Resis; Campec.



Radiographic bunker – Trisaia Research Centre



Radiographic facility 20÷450 kV, 5 mA



L'impianto consente di effettuare ricerche applicate su materiali metallici, materiali compositi, calcestruzzo e tessuti vegetali. In particolare, può essere impiegato per:

- **la caratterizzazione e l'analisi difettologica di componenti e nuovi materiali;**
- **la certificazione di qualità di materiali metallici e materiali compositi;**
- **attività di formazione.**

Potenziali utenti: industrie del settore della meccanica navale, industria aeronautica, ingegneria civile, industria nucleare, industrie del settore biologico.

L'impianto si distingue non solo per l'elevata potenza radiogena (spessori circa 160 mm di acciaio) ma anche per la sua elevata versatilità (range della potenza radiogena: 20 V - 0,5 mA; 450 kV - 2 mA).

Dispone di una attrezzatura innovativa: tubo x-ray "Yxlon" 450 kV - 5 mA; movimentazione automatica del tubo su tre direzioni x; y; z (up-down lungo l'asse y); sviluppatrice film radiografici "Agfa Structurix NDT S"; puntatore laser.

Tra le specifiche attività di ricerca svolte si citano:

- per l'industria navale: analisi radiografica di armature metalliche con spessori fino a 150 mm;
- per l'industria aerospaziale: analisi radiografica di condotti in alluminio fino a spessori di 0,5 mm e diametri di 5 mm;
- per l'ingegneria civile: analisi difettologica di pilastri in cemento armato con relativa armatura; sviluppo di PND per individuare mediante RX alterazioni interne nel tessuto legnoso.

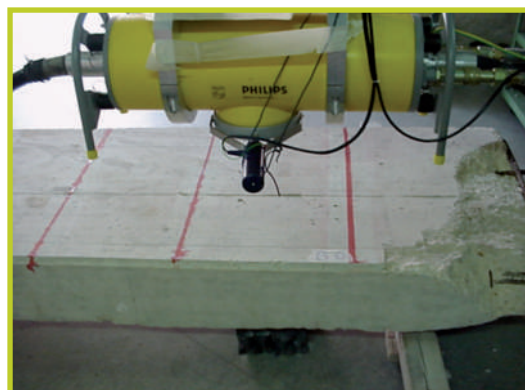
Collaborazioni rilevanti riguardano: Ignitor, Mitras, Punta Perotti, Sinave, Resis, Campec.



Bunker radiografico del Centro Ricerche Trisaia



Apparecchio radiografico 20÷450 kV, 15 mA



The Metrology Laboratories located in the ENEA Trisaia Research Centre provide the following services:

- **SIT-certified calibration of AC/DC electric equipment;**
- **SIT referability for length and temperature measurements, and characterization of complex geometrical elements;**
- **training.**

Potential users: SMEs working in the fields of civil and military electronics, public safety, avionics, biomedicine, large transport facilities; local health centres; public bodies and institutions; scientific research bodies and institutions.

The Laboratories are equipped with the latest advanced facilities for: SIT-certified calibration of DC/AC amperometers, resistors and voltmeters with SIT referability of parallel calibration blocks, calibres, micrometers, thermoresistances, thermocouples, transmitters, digital visualizers; characterization of complex geometrical elements.

The extension of SIT to temperature with the lowest national uncertainty – equivalent to 0.01 °C – is being evaluated. To achieve such a goal, an ad hoc approach and device reaching high levels of thermal stability have been developed.

Electrical magnitude range: 10 mV to 1000 V
Temperature range: -30 °C to 1064 °C
Length range: 0.01 mm to 1000 mm
Uncertainty: 0.01 µm.

The Metrology Laboratories have an air-conditioning system allowing temperature to keep constant approximately at 20 °C ±1 °C. Particularly, the block-measuring station is contained within an insulated Glove Box and equipped with a temperature monitoring system, and a local solid air-conditioning system keeping temperature stable and uniform at approximately ±0.2 °C vs. the above 20 °C. Furthermore, the environment temperature is constantly monitored by a centralized system.



Metrology laboratory for electrical equipment



Metrology laboratory for length-measuring instruments



Metrology laboratory for temperature-measuring instruments

I Laboratori metrologici del Centro Ricerche ENEA Trisaia offrono:

- il servizio di taratura, con rilascio di certificazione SIT, di strumentazione elettrica in corrente continua e corrente alternata;
- attività di servizio, con riferibilità SIT, per la misura di lunghezza, per la misura della temperatura e caratterizzazione di elementi geometrici complessi;
- formazione.

Potenziali utenti: piccole e medie imprese operanti nei settori dell'elettronica civile, militare, della pubblica sicurezza, avionica, biomedicale, grandi infrastrutture di trasporto; aziende sanitarie locali; enti e istituzioni pubbliche; enti e istituzioni di ricerca scientifica

I Laboratori dispongono di avanzatissime strumentazioni per la taratura, con rilascio di certificazione SIT, di amperometri, resistori e voltometri in c.c. e c.a. e con riferibilità SIT di blocchetti piano paralleli, calibri, micrometri, termoresistenze, termocoppie, trasmettitori, visualizzatori digitali e caratterizzazione di elementi geometrici complessi.

È in corso la richiesta di estensione SIT per la temperatura, con la più bassa incertezza nazionale, pari a 0,01 °C. Per il raggiungimento di tale obiettivo si è sviluppata una metodologia e si è realizzato un dispositivo che raggiunge elevate stabilità termiche.

Il range di grandezze elettriche si estende da 10 mV a 1000 V. Il range di temperatura si estende spazia da -30 °C a 1064 °C. Il range di lunghezza si estende da 0,01 mm a 1000 mm e incertezza 0,01 µm.

I Laboratori metrologici dispongono di un sistema di condizionamento che consente di mantenere costante la temperatura nell'intorno di 20 °C ±1 °C, in particolare la stazione per la misura dei blocchetti è contenuta in una Glove Box coibentata e attrezzata con un sistema di monitoraggio della temperatura, oltre che con un sistema locale di condizionamento allo stato solido che consente di ottenere stabilità e uniformità della temperatura nell'ordine di ±0,2 °C rispetto ai 20 °C; inoltre la temperatura degli ambienti è continuamente monitorata da un sistema centralizzato.



Laboratorio metrologico per strumentazione elettrica



Laboratorio metrologico di strumentazione per la misura di lunghezza



Laboratorio metrologico di strumentazione per la misura di temperatura

The Laboratory allows to test materials and components by performing the characterization of their physical state and identifying possible defects in operational conditions. It also performs R&D transfer to local and national companies and training in the fields of: characterization and defect analysis of components and materials; quality certification of materials.

Potential users: manufacturing industry and, in particular, building materials or components manufacturers, public organizations, research agencies and scientific institutions.

The Laboratory supplies consultancy services and component quality assurance, through: radiographic analysis; thermographic inspections; ultrasonic tests; liquid penetrant tests; environmental tests. The Laboratory is also provided with compression test equipment.

The radiographic analysis is made with innovative 450 kV - 5 mA equipment to carry out applied research on metals, composites and concrete.

Thermographic inspections on materials and components check the presence of surface defects and malfunctions by means of thermal transients.

The Laboratory performs the following controls: detection of manufacturing (joints, shrinkage cracks, quenching cracks and machining) and service defects (fatigue cracks, stress corrosion cracking); inspections of welds and metals heat treatment; defect analysis of welds, castings, rolled, forged, molded, composite materials, plastics and ceramics; material characterization; measurement of material properties and thickness.

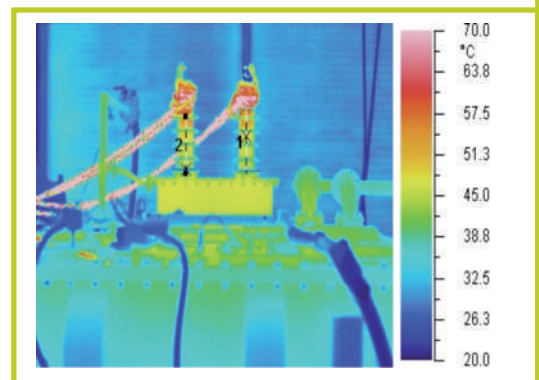
The environmental tests are performed on materials and components to verify the effects of time and environmental conditions during their useful life.

The Laboratory has been engaged in the marine engineering, aircraft industry, civil engineering, nuclear industry and organic sector. The main activities are:

- qualification tests on metal reinforced with thicknesses up to 150 mm;
- qualification tests on aluminum pipe with thicknesses up to 0.5 mm and \varnothing 5;
- defect analysis of concrete and reinforced-concrete columns;
- analysis of piping plants crossed by high-temperature fluids;
- analysis of high-performance components (transformers);
- energy audits for civil and industrial buildings.



Radiographic laboratory



Thermographic inspection



Environmental test laboratory

Il Laboratorio effettua test di qualificazione su materiali e componenti per la verifica dello stato e dell'eventuale presenza di difetti che ne pregiudichino l'uso durante l'esercizio. Svolge anche il ruolo di trasferimento di R&S al tessuto imprenditoriale locale e nazionale, nei campi della: caratterizzazione e analisi difettologica di componenti e nuovi materiali; certificazione di qualità dei materiali metallici e dei materiali compositi; formazione.

Potenziali utenti: industria manifatturiera in generale e industria dei materiali da costruzione o di produttori di componenti ad elevate prestazioni; enti e istituzioni pubbliche; enti e istituzioni di ricerca scientifica.

Il Laboratorio fornisce consulenza e garanzia di qualità del componente, mediante: controlli radiografici; ispezioni termografiche; prove ultrasoniche ad alta frequenza; liquidi penetranti; prove ambientali. Il Laboratorio è inoltre dotato di una pressa per prove di compressione.

Il controllo radiografico viene effettuato con strumentazione da 450 kV e 5 mA in grado di svolgere ricerca applicata su materiali metallici, compositi e calcestruzzo.

Le ispezioni termografiche su materiali e componenti verificano l'eventuale presenza di difetti superficiali e di anomalie di funzionamento realizzando transistori termici.

Altri controlli effettuati nel Laboratorio: rilevamento di difetti di fabbricazione (giunti, cricche da ritiro, cricche da tempra e di lavorazione meccanica) e di servizio (cricche da fatica, tensocorrosione); controlli di saldature e di trattamenti termici dei metalli; controllo difettologico di saldature, fusioni, laminati, fucinati, stampati, materiali compositi, plastici, ceramici; caratterizzazione dei materiali; misura delle caratteristiche elastiche dei materiali; controllo di spessori.

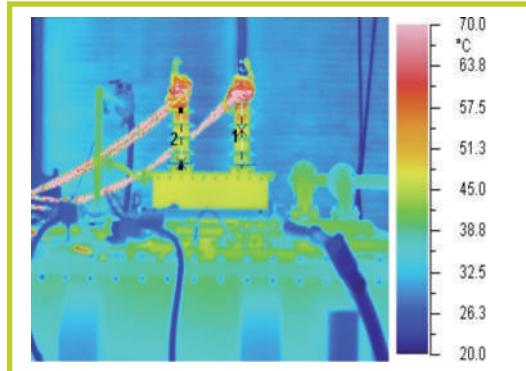
Le prove ambientali eseguite su materiali e componenti consentono di verificare gli effetti del tempo e delle condizioni ambientali a cui saranno soggetti durante la loro vita utile.

Il Laboratorio ha operato nel settore della meccanica navale, industria aeronautica, ingegneria civile, industria nucleare e settore biologico effettuando:

- test di qualificazione di armature metalliche con spessori fino a 150 mm;
- test di qualificazione di condotti in alluminio con spessori fino a 0,5 mm e \varnothing 5;
- analisi difettologica di pilastri in cemento armato con relativa armatura;
- diagnosi impiantistica di tubazioni attraversate da fluidi ad alte temperature
- diagnosi di componenti ad alte prestazioni (trasformatori elettrici);
- diagnosi energetica per l'edilizia abitativa civile ed industriale.



Laboratorio radiografico



Ispezione termografica



Laboratorio prove ambientali

The National Institute of Ionizing Radiation Metrology (Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti, ENEA-INMRI) acts as the National Metrology Institute for ionizing radiation quantities in Italy, based on the role given to ENEA by the Italian Law No. 273/1991. The ENEA-INMRI is responsible for developing and providing the Italian national standards relating to ionizing radiation quantities. These standards are needed to guarantee the reliability of ionizing radiation measurements at the national level, in all fields of interest, along with their international traceability. The national standards developed at the ENEA-INMRI include about 20 experimental lines for absolute measurements of ionizing radiations. These are complemented by irradiation facilities (for alpha, beta and gamma radiation), x-ray generators, neutron and many radionuclide sources, a 20 MeV electron accelerator, etc.

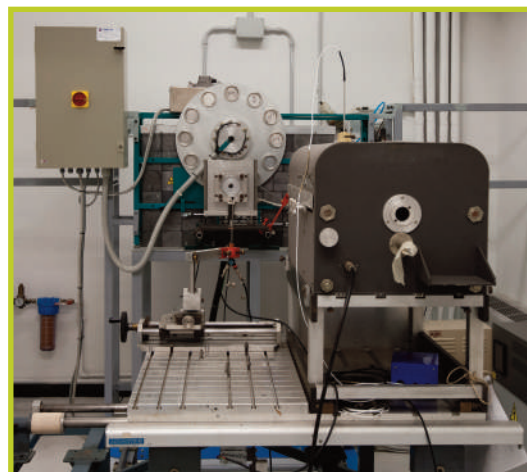
Potential users: radiotherapy and radiodiagnostic medical centres; regional agencies for environmental protection; national bodies for radiological surveillance and control, particularly ISPRA; defence and protection bodies; producers, manufacturers and end-users of radioisotopes or ionizing radiation measuring instruments.

The research and development activities carried out by the ENEA-INMRI staff have given rise to expertise that is unique in the Country because of its high specialization. On such basis the qualification of ionizing-radiation-measuring instruments is now possible for the following needs:

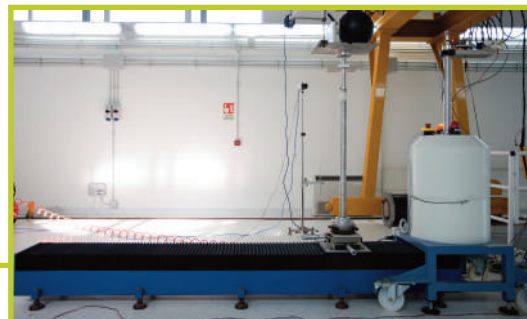
- x- and gamma-ray dosimetry at the protection or therapy level and for industrial radiation processing (radiation sterilization of materials);
- beta-radiation dosimetry in the medical and radioprotection fields;
- dosimetry of high-energy charged particles (electrons, protons, etc.) produced in medical accelerators;
- radionuclide surface contamination measurement;
- radionuclide activity measurement of environmental and medical interest (including positron emitters and short half-life nuclides for medical examinations such as PET, SPECT, etc.);
- radon-in-air and radon-in-water measurement;
- thermal and fast-neutron fluence measurement.



National standard for radon atmosphere reference dosimetry (radon chamber)



National standard for medium energy x-ray radiation dosimetry



National standard for fast neutron reference measurement

National standard for beta-gamma emitting nuclides activity measurement ($4\pi\beta\text{-}\gamma$ system)

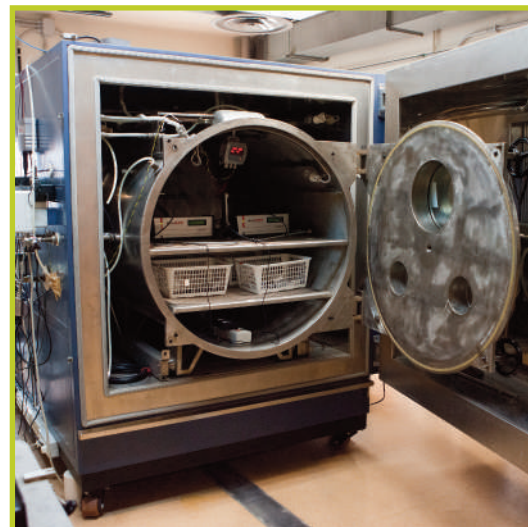
L'Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti (INMRI) svolge in Italia la funzione di Istituto Metrologico Primario nel settore delle radiazioni ionizzanti in base al ruolo assegnato all'ENEA dalla Legge N. 273/1991. L'INMRI realizza i campioni nazionali primari per la misura delle radiazioni ionizzanti. L'esistenza di questi sistemi campione è il presupposto per garantire a livello nazionale l'affidabilità delle misure delle radiazioni ionizzanti in tutti i settori d'interesse e la loro riferibilità a livello internazionale.

I sistemi campione sviluppati presso l'INMRI comprendono circa 20 linee sperimentali per la misura assoluta delle grandezze associate alle radiazioni ionizzanti. A questi apparati di misura sono associati impianti d'irraggiamento (per radiazione alfa, beta e gamma), macchine a raggi x, sorgenti neutroniche, sorgenti di numerosi radionuclidi, un acceleratore di elettroni da 20 MeV ecc.

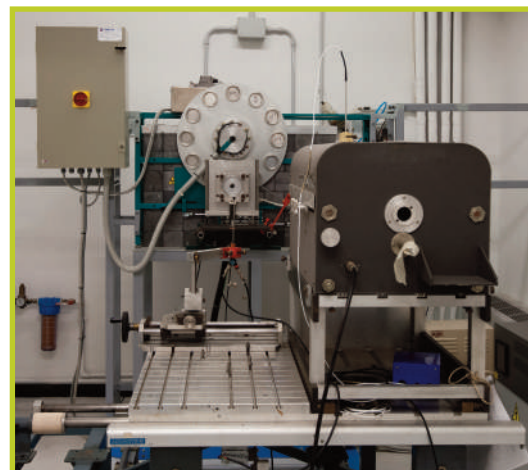
Potenziali utenti: centri ospedalieri di radioterapia e di radiodiagnostica; agenzie ambientali di tutte le regioni italiane (ARPA); organismi centrali di vigilanza e controllo, in particolare l'ISPRA (ex APAT); organismi della protezione civile e della difesa; industrie che impiegano o producono radioisotopi o strumenti di misura delle radiazioni.

L'attività di ricerca e sviluppo svolta dall'INMRI ha dato luogo a un complesso di conoscenze che per il loro livello specialistico sono uniche nel Paese. Mediante queste conoscenze è oggi possibile qualificare gli strumenti di misura delle radiazioni ionizzanti impiegati per le diverse seguenti finalità:

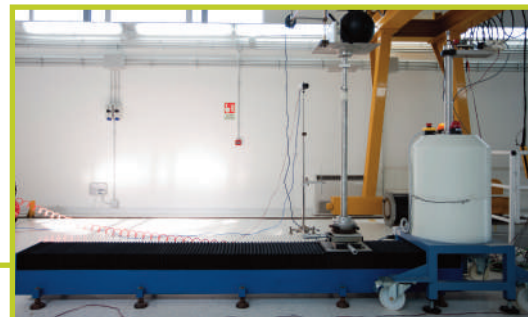
- la dosimetria della radiazione x e gamma in campo radioprotezionistico, medico e industriale (radiosterilizzazione di materiali);
- la dosimetria della radiazione beta in campo medico e radioprotezionistico;
- la dosimetria di particelle cariche di alta energia prodotte in acceleratori di elettroni, protoni, ecc., di uso medico;
- la misura della contaminazione superficiale dovuta a radionuclidi;
- la misura dell'attività dei radionuclidi d'interesse ambientale e medico (inclusi gli emettitori di positroni e i radionuclidi a breve vita media per gli esami clinici PET, SPECT ecc.);
- la misura di radon in aria e in acqua;
- la misura di fluensa di neutroni termici e veloci.



Impianto d'irraggiamento per la dosimetria in atmosfere di riferimento di radon



Sistema campione per la dosimetria della radiazione X di media energia



Sistema campione per le misure di riferimento in fasci di neutroni veloci

Sistema campione per misure di riferimento dell'attività dei radionuclidi emettitori beta-gamma

Besides ensuring the full compliance of ENEA activities with radiation protection standards and regulations, the ENEA Radiation Protection Institute (ENEA-IRP) is involved in various research and qualification activities in the fields of radiation protection and dosimetry. It is in constant interrelationship and intercomparison with the international organizations and institutes dealing with radiation protection (i.e., ICRP, ICRU, IAEA, EURADOS, ISPRA, ISO, IEC) and provides specialized technical services such as:

- **personal and environmental dosimetry for external exposure to all types of radiation;**
- **individual internal contamination monitoring for alpha, beta and gamma emitters (in vivo measurements with Whole Body Counter, and in vitro measurements on biological samples);**
- **radioactivity measurements on environmental, food or assimilated samples from nuclear facilities with physical, chemical and radiochemical techniques for all radionuclides of interest for nuclear activities and naturally-occurring radioisotopes;**
- **air concentration measurements of radon and daughter radionuclides (i.e. Thoron) and, more generally, of all sources of internal exposure to alpha emitters;**
- **calibration of radiation protection monitors and personal dosimeters.**

Potential users: employers, registrants and licensees also operating in nuclear power plants or facilities under risk of exposure to ionizing radiation; public administrations and private companies operating in the field of nuclear energy. Current users are: ISPRA, VVFF (firefighter units), Nucleco, SOGIN, ENEL, Sviluppo Italia.

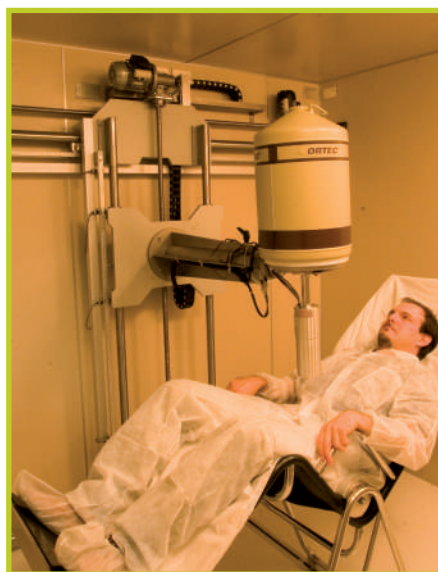
The Institute is hosted in several ENEA research centres all over Italy and is equipped with laboratories and facilities allowing all measurements associated with radioactivity, dosimetry and radiation protection applying methods and techniques most up-to date.

The quality of ENEA-IRP services is ensured by its research activity and constant successful participation in intercomparison exercises and performance tests organized by national and international organizations: IAEA, ALMERA, PROCORAD, EURADOS, HPA, ISPRA.

In addition to consultancy for radiological safety for any facility with ionizing radiation sources or contaminated areas, ENEA IRP provides advanced technical services for radiation protection purposes (i.e., dosimetry and radiation monitoring, radiation safety evaluation, etc.)



Calibration centre for ionizing radiation (neutron irradiation facility)



Whole Body Counter – In vivo measurements for internal radioactive contamination



Measurements and spectrometry of various matrix samples

L'Istituto di Radioprotezione ENEA (ENEA-IRP), oltre a garantire il rispetto della normativa di radioprotezione per le attività ENEA, svolge attività di ricerca e qualificazione. In costante rapporto e confronto con la realtà internazionale (i.e. ICRP, ICRU, IAEA, EURADOS, ISPRA, ISO, IEC), l'Istituto è in grado di fornire servizi tecnici specialistici di radioprotezione:

- servizi di dosimetria esterna personale ed ambientale per tutti i tipi di radiazione;
- servizi di monitoraggio per contaminazione interna per radionuclidi emettitori alfa, beta e gamma (misure in vivo, con Whole Body Counter, e misure in vitro su campioni biologici);
- servizi di misure di radioattività (fisiche, chimiche o radiochimiche) per tutti i radionuclidi di interesse nucleare o radionuclidi naturali, su campioni ambientali, alimentari o assimilati potenzialmente contaminati provenienti da impianti o infrastrutture;
- servizi di monitoraggio della concentrazione di gas radon, dei radionuclidi figli, indici di concentrazione thoron e consulenze per valutazioni di rischio da radionuclidi naturali o alfa emettitori;
- servizi di taratura per strumenti e rivelatori di radiazioni.

Potenziali utenti: datori di lavoro/esercenti, anche di facilities nucleari, di pratiche con utilizzo di radiazioni ionizzanti; PPAA e società operanti nel campo nucleare e/o utilizzo di radiazioni ionizzanti. Tra gli attuali fruitori: ISPRA, VVFF, Nucleco, SOGIN, ENEL, Sviluppo Italia.

L'Istituto possiede in vari Centri ENEA laboratori e strumentazione che permettono di affrontare praticamente tutte le problematiche connesse alla misura della radioattività per scopi radioprotezionistici con l'impiego delle più aggiornate tecniche e metodologie di analisi e misura.

La qualità dei servizi forniti da ENEA IRP è regolarmente testata con la partecipazione, con risultati positivi, a tutte le iniziative di interconfronto o di verifica organizzate da istituzioni nazionali e internazionali: IAEA-ALMERA, PROCORAD, EURADOS, HPA, ISPRA.

ENEA-IRP può fornire consulenze di sicurezza radiologica per infrastrutture con sorgenti di radiazioni ionizzanti e/o potenzialmente contaminate nonché consulenze e servizi tecnici avanzati di radioprotezione (es. dosimetria e monitoraggio radiazioni, valutazioni di sicurezza radiologica ecc.).



Centro taratura radiazioni ionizzanti (sala irraggiamento neutroni)



Whole Body Counter – Misure in vivo di contaminazione interna



Misure e spettrometria di campioni di matrici di diversa natura

The Calibration Centre for Ionizing Radiation of the ENEA Radiation Protection Institute (ENEA-IRP) can provide the calibration of radiation monitors for purposes of radiation protection and/or dosimetry (ionisation chambers, proportional counters, Geiger-Muller counters, scintillators and semiconductor detectors, personal dosimeters).

Potential users: employers/operators – including nuclear facilities and/or storage sites for ionizing radiation monitoring – working in environmental monitoring, radiation protection, radiology, radiotherapy, oil wells; research institutes, health physics services.

The Calibration Centre laboratories extend over an overall area of approximately 300 m² with five irradiation rooms and three control rooms.

It can operate with metrological traceability to ionizing radiation primary standards for photon, beta and neutron radiation fields for the following quantities respectively:

Photons (filtered X-rays and gamma sources ⁵⁵Fe, ¹⁰⁹Cd, ²⁴¹Am, ⁵⁷Co, ¹³³Ba, ¹³⁷Cs and ⁶⁰Co):

- Air kerma
- Exposure
- Ambient dose equivalent
- Directional dose equivalent
- Personal dose equivalent
- Rate (of all quantities above).

Beta radiations (⁹⁰Sr/⁹⁰Y, ¹⁴⁷Pm and ²⁰⁴Tl):

- Surface dose in air
- Surface dose in tissue
- Personal dose equivalent
- Rate (of all sizes above).

Neutrons (thermal and fast 0.5 ÷ 4.4 MeV), with ISO standard sources (Cf, Cf (D₂O) and Am-Be):

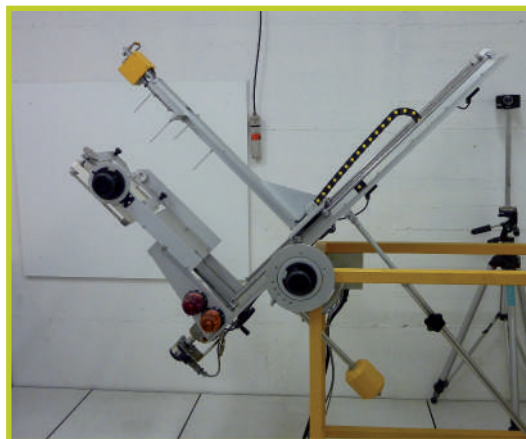
- Ambient dose equivalent
- Personal dose equivalent
- Fluence
- Rate (of all quantities above).



Irradiation facilities



Fast and thermal neutron facilities



Angular irradiation of personal dosimeters with beta sources

Il Centro di taratura per le radiazioni ionizzanti dell'Istituto di Radioprotezione ENEA consente la taratura di strumentazione di rivelazione di radiazioni ionizzanti per scopi di radioprotezione e/o dosimetria (camere a ionizzazione, contatori proporzionali, contatori Geiger-Müller, scintillatori e rivelatori a semiconduttore, dosimetri personali).

Potenziali utenti: datori di lavoro/esercenti, anche di facilities nucleari e/o siti di stoccaggio, per monitoraggio radiazioni ionizzanti; operatori nel campo dei controlli ambientali, radioprotezione, radiodiagnostica, radioterapia, pozzi petroliferi e in generale delle apparecchiature che producono radiazioni ionizzanti; enti di ricerca, servizi di fisica sanitaria.

Il Centro di Taratura dispone di laboratori delimitati in un'unica area e sviluppati su cinque sale di irraggiamento e tre sale di controllo per una superficie totale di circa 300 m². È in grado di operare con riferibilità metrologica a campioni primari per radiazioni ionizzanti quali: fotoni, beta e neutroni, rispettivamente per le seguenti grandezze:

fotoni (radiazioni X filtrate e sorgenti gamma ⁵⁵Fe, ¹⁰⁹Cd, ²⁴¹Am, ⁵⁷Co, ¹³³Ba, ¹³⁷Cs e ⁶⁰Co):

- KERMA in aria
- Esposizione
- Equivalente di dose ambientale
- Equivalente di dose direzionale
- Equivalente di dose personale
- Rateo (di tutte le grandezze sopra indicate).

radiazioni β (⁹⁰Sr/⁹⁰Y, ¹⁴⁷Pm e ²⁰⁴Tl):

- Dose superficiale in aria
- Dose superficiale in tessuto
- Equivalente di dose personale
- Rateo (di tutte le grandezze sopra indicate).

neutroni (termici e veloci 0,5÷4,4 MeV), con sorgenti standard ISO (Cf, Cf(D₂O) e Am-Be):

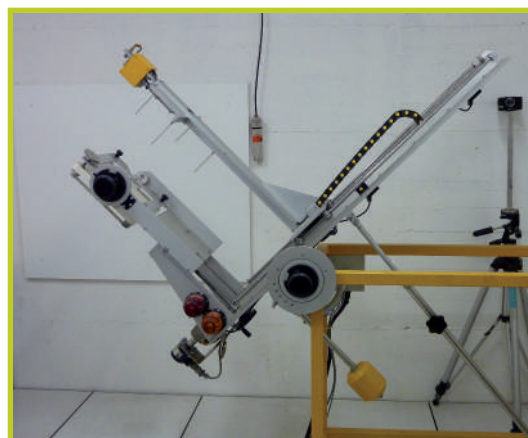
- Equivalente di dose ambientale
- Equivalente di dose personale
- Fluenza
- Rateo (di tutte le grandezze sopra indicate).



Sala per irraggiamento dosimetri



Vista d'insieme della sala neutronica



Irraggiamento angolare di dosimetri personali con sorgenti beta

The Individual Monitoring Service (IMS) of the ENEA Radiation Protection Institute (ENEA-IRP) supplies personal and environmental dosimeters designed and qualified in ENEA laboratories to monitor external exposure to all types of radiation.

Potential users: employers (registrants or licencees) subject to risks and practices associated with external radiation exposure, including nuclear facilities.

The Individual Monitoring Service provides 7 kinds of dosimeters to assess Personal Dose Equivalent, $H_p(d)$, and Ambient Dose Equivalent, $H^*(d)$, and has the necessary equipment to process them. In particular:

- whole body TL dosimeter for photons, based on 2 detectors of LiF(Mg,Cu,P);
- whole body TL dosimeter for photons and thermal neutrons, based on 2 detectors of LiF(Mg,Cu,P) and $^7\text{LiF(Mg,Cu,P)}$ respectively;
- extremity TL dosimeters for X, γ and high-energy β based with one LiF(Mg,Cu,P) detector (available with ring or bracelet suitable for sterilization);
- extremity TL dosimeters for X, γ and medium-energy β with one thin detector of LiF(Mg,Cu,P) (available with sterilizable ring or bracelet);
- whole body (CR-39®) dosimeter for fast neutrons;
- criticality personal dosimeter, consisting of an activation foil system and 2 pairs of LiF(Mg,Cu,P) and $^7\text{LiF(Mg,Cu,P)}$ detectors;
- criticality area dosimeter consisting of an activation foil system (SNAC 50 spectrometer) and 2 pairs of LiF(Mg,Cu,P) and $^7\text{LiF(Mg,Cu,P)}$ detectors.

The Individual Monitoring Service supplies dosimeters to ENEA and about 200 external users belonging to the following categories: hospitals (25%), research institutes (25%), industries (25%), decommissioning of nuclear plants (5%) and others - mainly private laboratories - (20%).

The successful results obtained since the 1980s within International Intercomparison tests allowed to assess the performance of all dosimetry systems in terms of accuracy, confirming the quality and reliability of the service provided.

The IMS dosimeter and components pictures:



Photon dosimeter



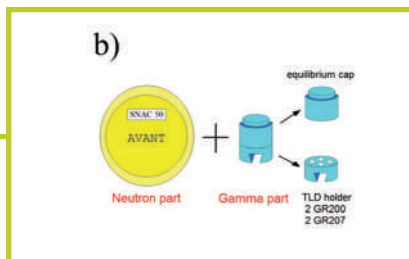
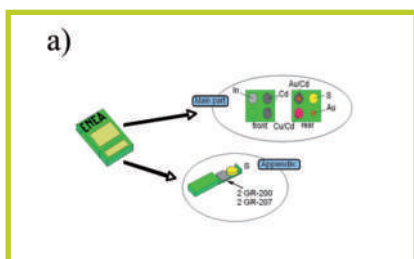
Thermal neutron dosimeter



Fast neutron dosimeter



Extremity dosimeter



The criticality personal dosimeter a) and area dosimeter b)

Il Servizio di dosimetria esterna dell'Istituto di Radioprotezione ENEA consiste nel noleggio e lettura di dosimetri personali ed ambientali progettati, realizzati e qualificati in ENEA per il monitoraggio della radiazione esterna e per tutti i tipi di radiazione.

Potenziali utenti: datori di lavoro/ esercenti di pratiche con rischi da radiazioni ionizzanti per esposizione esterna, incluse facilities nucleari.

Il Servizio dispone di 7 tipi di dosimetri idonei alla misura di $H_p(d)$ Equivalente di Dose Personale ed $H^*(d)$ Equivalente di Dose Ambientale e di tutta la strumentazione necessaria al loro processamento, in particolare:

- dosimetro per corpo intero per fotoni con 2 rivelatori di LiF(Mg, Cu, P);
- dosimetro per corpo intero per neutroni termici, con 2 rivelatori rispettivamente di LiF(Mg, Cu, P) e di ^7LiF (Mg, Cu, P);
- dosimetri per estremità per β di alta energia, X e γ , basati su rivelatori di LiF(Mg, Cu, P) (disponibili su supporto ad anello e bracciale sterilizzabili);
- dosimetri per estremità per β di media energia, X e γ , basati su rivelatori sottili di LiF(Mg, Cu, P) (disponibili su supporto ad anello e bracciale sterilizzabili);
- dosimetro per corpo intero per neutroni veloci di CR39®;
- dosimetro personale di criticità con rivelatori ad attivazione e rilevatori a termoluminescenza;
- dosimetro ambientale di criticità (SNAC50) con rivelatori ad attivazione e rilevatori a termoluminescenza.

Il Servizio fornisce un'utenza interna ENEA ed esterna di 200 clienti costituita per il 25% da aziende ospedaliere, il 25% da istituti di ricerca, il 25% da industrie, il 5% per decommissioning di impianti nucleari e il 20% da altre ditte, prevalentemente laboratori sanitari privati.

I buoni risultati ottenuti sin dagli anni 80 con la partecipazione ad interconfronti internazionali ha permesso di verificare la prestazione di ogni tipo di dosimetro in termini di accuratezza e precisione, confermando la qualità e affidabilità del servizio fornito.

Immagini dei diversi tipi di dosimetri e loro componenti:



Dosimetro per fotoni



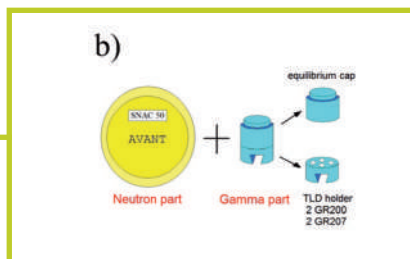
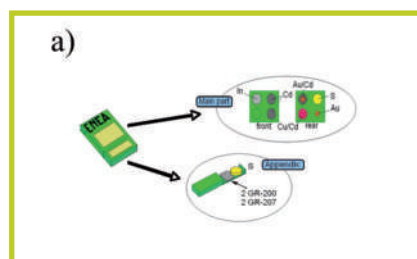
Dosimetro per neutroni termici



Dosimetro neutroni veloci



Dosimetri per estremità



Schema del dosimetro di criticità personale a) ed ambientale b)

The ENEA Radiation Protection Institute (ENEA-IRP) Radon Measurement Service allows to assess the risk to exposure to naturally-occurring radioisotopes and, more generally, to all sources of internal exposure due to alpha emitters, by monitoring the environment by way of both passive and active devices. The overall measurements achievable by the Service are:

- **radon air concentration (^{222}Rn);**
- **thoron air concentration index (^{220}Rn);**
- **radon (^{222}Rn) and thoron (^{220}Rn) decay products air concentration;**
- **plastic membranes radon permeability;**
- **ambient dose equivalent, $H^*(d)$, associated with external exposure originating in building material, necessary to complete the risk evaluation of workers exposed to naturally-occurring indoor radiation (D.Lgs. 230/95, former Title III-bis, as amended and integrated);**
- **gamma spectrometric analyses of building materials.**

Potential users: employers, registrants and licensees – subject to practices where the occupational risk of alpha emitters inhalation must be kept under control, including those working in nuclear power plants or facilities; dwelling owners.

The Service was established in 2002 to provide the employers under the national radioprotection law - regulating the natural-occurring ionizing radiation exposure in workplaces (Title III-bis, D.Lgs. 230/95 as amended and integrated) - with a technical structure entitled (under art. 107, subsection 3, D.Lgs. 230/95 as amended and integrated) to perform the measurements addressed in art. 10-ter, subsection 4.

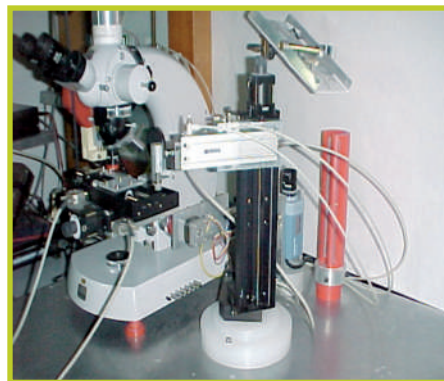
The Service supplies the user/customer the passive sampling devices for radon monitoring, which are installed and exposed under the user's control. It analyzes the sensible element (CR39 detector) exposed within the device, and finally edits the measurement report. Users could also ask the Service for a direct intervention on dwelling/workplace to get a preventive analysis of the potential radon concentration. By using the data obtained by short-term measurement techniques the Service can optimize the sampling strategy.

The Service offers an integrated approach that can be used by the Qualified Expert – included in the user's staff or, if required, in the very Service – to assess the worker individual dose. If needed, the Service can evaluate data to improve the dose assessment, by determining the equilibrium factor, the granulometric distribution of the radon and thoron daughters, or by modelling the transport of radon from source to worker. The action of the Service can also be extended to the preventive or mitigation action, covering the whole of their aspects, from the design to the final evaluation.

The Service has obtained important grants as, for instance, with the Italian Ministry of Finance and with ENI. Among the prime results worth mentioning are the ENEA-IRP radon sampling device (Patent # MI2006A000703), the new thoron passive device, the thoron exposure chamber, and the positive results obtained during the periodic international intercomparisons held at HPA (UK).



Alpha track radon passive sampling device (ENE A patent, MI2006A000703)



Automatic CR39 detectors pick and place and readout facility

Il Servizio di valutazione della concentrazione di radon dell'Istituto di Radioprotezione ENEA (ENEA-IRP) consente la valutazione del rischio per esposizione a radionuclidi naturali e del rischio di esposizione interna a radioisotopi alfa emettitori mediante campionamento ambientale passivo o attivo. Le tipologie di misurazioni possibili sono:

- **misura della concentrazione di radon (^{222}Rn);**
- **misura dell'indice di concentrazione del thoron (^{220}Rn);**
- **misura della concentrazione prodotti di decadimento sia del radon (^{222}Rn) che del thoron (^{220}Rn);**
- **permeabilità al radon delle membrane plastiche;**
- **valutazione in termini di equivalente di dose ambientale, $H^*(d)$, dell'esposizione esterna dovuta al materiale da costruzione, necessaria per il completamento della valutazione del rischio da esposizione a radionuclidi naturali (ex capo III-bis del DLgs 230/95);**
- **analisi spettrometrica gamma dei materiali da costruzione.**

Potenziali utenti: datori di lavoro/ esercenti - anche per facilities nucleari - di pratiche con rischi di inalazione di radioisotopi alfa emettitori.

Il Servizio è stato istituito nel 2002 per fornire ai datori di lavoro soggetti alla norma che disciplina l'esposizione a sorgenti naturali di radiazioni ionizzanti (capo III-bis, D.Lgs. 230/95 e s.m.i.) una struttura riconosciuta idonea per le misure di cui all'articolo 10-ter, comma 4 (art. 107 comma 3 D.Lgs. 230/95 e s.m.i.).

Il Servizio consiste nell'invio dei dispositivi di campionamento passivo all'utente, che provvede al loro posizionamento, nell'analisi dell'elemento sensibile eseguita in laboratorio, e nell'invio del rapporto di misura. L'utente spesso richiede l'intervento diretto nei luoghi di lavoro o di residenza, per l'analisi preventiva della potenziale concentrazione di radon ai fini dell'ottimizzazione del campionamento.

Il Servizio offre un intervento integrato indirizzato alla valutazione finale da parte dell'Esperto Qualificato (dell'utente o, se richiesto, del Servizio ENEA-IRP stesso) della dose individuale per i lavoratori utilizzando, se necessario, procedure di affinamento della valutazione di dose (fattore di equilibrio, distribuzione granulometrica dei figli del radon/thoron, modellazione locali ecc.). Il Servizio può anche comprendere l'azione di prevenzione o di mitigazione, in tutte le sue fasi, dalla progettazione al controllo finale.

Il Servizio ha ottenuto importanti commesse, per esempio, con il Ministero delle Finanze e con l'ENI. Tra i principali risultati si ricordano il dispositivo di campionamento radon ENEA-IRP (brevetto MI2006A000703), il dispositivo per il thoron, la camera di esposizione al thoron e i risultati positivi nell'ambito di confronti internazionali (HPA-UK).



Dispositivo per il campionamento passivo del radon (brevetto ENEA, MI2006A000703)



Sistema automatico di alimentazione e lettura al microscopio ottico dei rivelatori di CR-39

The ENEA Radiation Protection Institute (ENEA-IRP) provides services aimed at the individual monitoring for internal contamination by ionizing radiation and is based on the main and most up-to-date analysis methods and measurements to detect radioactivity in the human body (in vivo measurements) and in biological samples (in vitro measurements). Thanks to the completeness and quality of the measurements provided, it is the only service in Italy able to fulfil any request in the field of individual monitoring for internal dosimetry.

Potential users: activities associated with the risk of radioactive contamination. Actual users are: ENEA, ISPRA, VVFF (firefighter units), public administrations and companies like Nucleco, SOGIN, ENEL.

The analysis and measurement methods are:

- whole body and organ counting (low and high energy)
- X-gamma spectrometry (bioassay)
- alpha spectrometry (bioassay)
- liquid scintillation (bioassay)
- gross alpha and beta counting (bioassay)
- ICP-MS spectrometry (bioassay).

Methods, equipment and facilities available at ENEA-IRP for both direct and indirect methods, together with chemical and radio-chemical bioassay treatment techniques (urines, faeces, nasal mucus) defined and qualified at ENEA-IRP labs, allow to provide measurements for individual monitoring complying with the highest radiation protection standards and recommendations for all radionuclides of interest for dosimetry purposes. Among the most important: ^3H , ^{60}Co , ^{131}I , ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{226}Ra , Uranium isotopes, Plutonium isotopes, ^{241}Am .

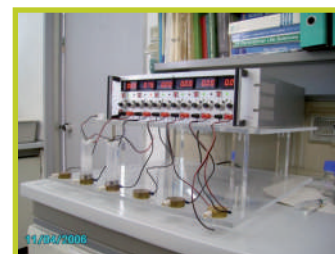
The high quality of measurements provided is also ensured by continuous research and implementation of results in routine procedures together with the constant successful participation in national and international intercomparison exercises and performance tests.



IRP Casaccia – Laboratory for in vivo measurements (Whole Body Counter, WBC): lung activity measurement for radionuclides emitting gamma rays from 10 to 100 keV



IRP Saluggia – Radiochemical treatment of bioassay samples for Plutonium radioisotopes determination and electrodeposition apparatus



Il Servizio, fornito dall'Istituto di Radioprotezione ENEA (ENEA-IRP), è finalizzato al monitoraggio individuale della contaminazione interna da radionuclidi e si avvale dell'applicazione delle principali e più aggiornate metodiche di analisi e misura per la determinazione della radioattività nel corpo umano (misura in vivo) e in campioni biologici (misure in vitro). Costituisce, per completezza e qualità delle prestazioni fornite, l'unico servizio nel Paese in grado di affrontare ogni tipo di esigenza nel campo del monitoraggio individuale per dosimetria interna.

Potenziali utenti: tutte le attività cui si associa un rischio da contaminazione radioattiva. Tra gli attuali fruitori: ENEA, PPAA, VVFF e società fra cui Nucleco, SOGIN, ENEL, ISPRA.

Queste le metodiche di analisi e misura utilizzate:

- whole body e organ counting a bassa ed alta energia
- spettrometria X-gamma (bioassay)
- spettrometria alfa (bioassay)
- scintillazione liquida (bioassay)
- conteggio alfa e beta totale (bioassay)
- spettrometria di massa tipo ICP (bioassay).

L'insieme degli apparati strumentali e delle metodologie di misura a disposizione sia per la misura in vivo che in vitro, nonché delle tecniche di trattamento chimico e radiochimico dei campioni di bioassay (urine, feci, muco nasale) messe a punto e qualificate dai laboratori ENEA-IRP, consentono di effettuare misure di monitoraggio con prestazioni conformi ai più elevati standard radioprotezionistici per tutti i radionuclidi di interesse dosimetrico (fra i più significativi: ^3H , ^{60}Co , ^{131}I , ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{226}Ra , isotopi dell'Uranio, isotopi del Plutonio, ^{241}Am).

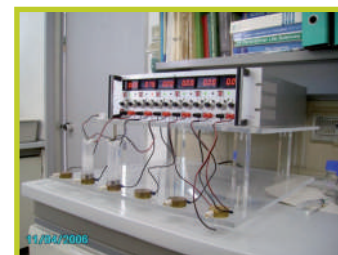
L'elevata qualità delle prestazioni fornite è garantita dalla continua attività di ricerca, implementazione e aggiornamento delle procedure applicate e dalla costante partecipazione, con risultati positivi, alle più significative iniziative di confronto a livello nazionale ed internazionale.



IRP Casaccia - Laboratorio misure in vivo (WBC): misura dell'attività nel polmone di radionuclidi con emissione X-gamma fra 10 keV e 100 keV



Trattamento radiochimico di campioni di bioassay per misure di isotopi del Plutonio e apparato di elettrodeposizione



The Service provided by the ENEA Radiation Protection Institute (ENEA-IRP) allows to determine radioactivity on environmental, food and other samples. Thanks to the completeness and quality of the measurements provided, it is the most equipped facility in Italy able to fulfil any kind of requirement to detect radioactivity levels on samples of various nature and origin for most of natural and artificial radionuclides of interest for radiation protection purposes.

Potential users: employers, registrants and licensees operating in nuclear power plants or facilities where radiological environmental surveillance is required. Current users are: ENEA, public administrations and companies like Nucleco, SOGIN, Sviluppo Italia and SORIN.

The Service is provided by 3 laboratories – located in the Casaccia, Saluggia and Trisaia Research Centres – which were originally meant for surveillance of ENEA sites. The integration and synergy of the 3 labs has enhanced and increased the potential and competence in the service to be provided in terms of both radioactivity measurements for various kinds of samples and different radionuclides determinations, including those naturally occurring in matters (NORM). The service is based on high quality and most up-to-date techniques such as:

- X-gamma spectrometry
- alpha spectrometry
- liquid scintillation
- gross alpha and beta counting
- ICP-MS spectrometry.

The Institute methods, equipment and facilities together with chemical and radio-chemical treatment techniques on a wide sample spectrum, defined and qualified at ENEA-IRP labs, allow to provide measurements on any kind of samples obtained at any facility or area for all radionuclides of interest for radiation protection purposes.

The high quality of the measurements provided, in compliance with the national and international standards, is also ensured through research and implementation of results in routine procedures together with the constant successful participation in national and international intercomparison exercises and performance tests.



IRP Casaccia – Laboratory for radiological surveillance: gamma spectrometry measurement area



Il Servizio, fornito dall'Istituto di Radioprotezione ENEA (ENEA-IRP), consente la misure di radioattività su campioni ambientali, alimentari e assimilati di diversa natura. Costituisce, per completezza e qualità delle prestazioni fornite, il Servizio più attrezzato nel Paese per affrontare richieste di misura della radioattività su campioni di qualsiasi natura e origine per gran parte dei radionuclidi artificiali e naturali di interesse radioprotezionistico.

Potenziali utenti: tutte le attività in cui si richieda la determinazione di radionuclidi in matrici ambientali, alimentari, d'impianto o di altra natura. Tra gli attuali fruitori: ENEA, PPAA e Società fra cui Nucleco, SOGIN, Sviluppo Italia, SORIN.

Il Servizio è costituito da tre laboratori distinti ed originariamente finalizzati al solo monitoraggio ambientale del Centro ENEA di riferimento (Casaccia, Saluggia, Trisaia). La loro integrazione ha permesso di estenderne le potenzialità e le competenze nel campo dell'analisi radiometrica sia in termini di tipologia di matrice che di radionuclidi, inclusi quelli di origine naturale, avvalendosi dell'applicazione delle principali e più aggiornate metodiche:

- spettrometria X-gamma
- spettrometria alfa
- scintillazione liquida
- conteggio alfa e beta totale
- spettrometria di massa tipo ICP.

L'insieme degli apparati strumentali e delle metodologie di misura a disposizione, nonché delle tecniche di trattamento fisico-chimico e radiochimico dei campioni messe a punto e qualificate dai laboratori ENEA-IRP su un sempre più ampio spettro di matrici, consentono oggi di effettuare analisi su campioni pressoché di qualsiasi natura e origine per gran parte dei radionuclidi artificiali e naturali di interesse radioprotezionistico.

L'elevata qualità delle prestazioni fornite, in accordo con gli standard nazionali ed internazionali, è garantita dalla continua attività di ricerca, implementazione ed aggiornamento delle procedure applicate, dall'interscambio di competenze, conoscenze ed esperienze, nonché dalla costante partecipazione, con risultati positivi, alle più significative iniziative di interconfronto a livello nazionale ed internazionale.



IRP Casaccia - Laboratorio sorveglianza ambientale: sala misure di spettrometria gamma



The ENEA-GRID Computing Grid and the CRESCO High Performance Computational Facility can provide the national research and industrial sectors with software products, services and competences supporting the advanced design of complex systems by modelling, simulation, structural and safety certification. The sectors of interest span from nuclear fission physics and technology – the structural components of fission plants require numerical simulations in different fields to ensure their certification as well as their stable and safe operation – energy resources, advanced materials, climate, biotechnology, and critical infrastructures.



CRESCO computer room

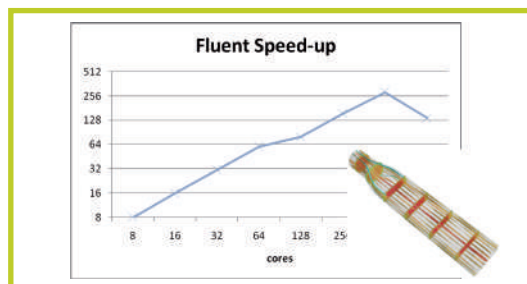
Potential users: energy industries; research agencies and institutions promoting technology innovation in the national industry, and carrying out research on climate change or on advanced materials and biotechnology; training and education institutions; certification and verification institutions.

The ENEA computational grid is one of the major national high performance computational infrastructures. Indeed it counts more than 3600 cores mostly provided by the CRESCO facility (20 Teraflops of computational power).

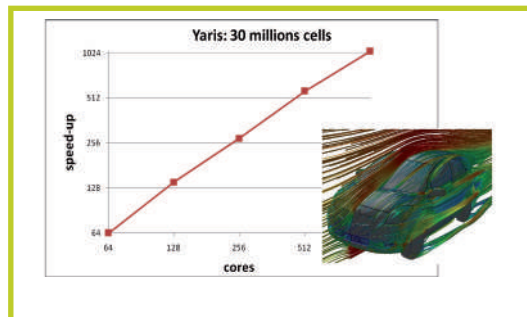
The ENEA-GRID technology ensures each end-users the web access to all hardware and software resources of the grid: numerical codes, 3D visualization tools, facilities for collaboration work, e-learning, and multimedia environments.

The CRESCO facility performs parallel computation with speed-up factors generally ranging from 200 to 500 with peaks up to 2000. This means that the CRESCO supercomputer takes only one week to perform the computation that a single processor makes in one year's time.

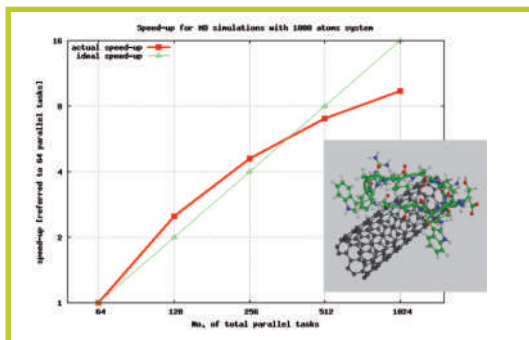
The following graphs represent the computational calculations performed with the CRESCO HPC facility.



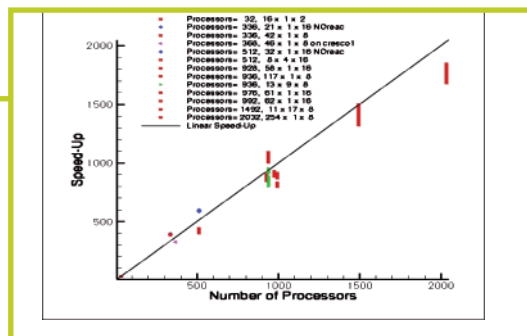
Speed-up factor for Fluent code. Case: flux in a duct transition zone (Mesh of about 10^7 cells)



Speed-up factor for OpenFoam code. Geometry: Toyota Yaris car (Mesh of about $3 \cdot 10^7$ tetrahedron cells)



CRESCO Speed-up factor for CPMD code. Case: 1000 atoms system. Scheme: docking of a Peptide atom system on a mesh of Carbon nanotubes (Massimo Celino, Salvatore Raia)



Speed-up factor for HeaRT combustion code developed in ENEA (F.R. Picchia, E. Giacomazzi, N. Arcidiacono, et al.)

La Griglia Computazionale ENEA-GRID e l'infrastruttura di calcolo ad alte prestazioni CRESCO sono in grado di mettere a disposizione del mondo della ricerca e dell'industria nazionale un insieme di prodotti software, servizi e competenze per il supporto alla progettazione avanzata di sistemi complessi per mezzo della modellazione, simulazione e certificazione strutturale e di sicurezza. I settori di interesse vanno dalla tecnologia e fisica del nucleare da fissione (i componenti strutturali di un impianto nucleare richiedono simulazioni numeriche nei più diversi campi ai fini della certificazione, della sicurezza e dell'esercizio), fonti energetiche, nuovi materiali, clima, biotecnologie e infrastrutture critiche.

Potenziati utenti: industria del settore energetico; istituti ed enti di ricerca che accompagnano le attività industriali di innovazione tecnologica, conducono studi sul clima o su nuovi materiali e sulla biotecnologie; istituti di certificazione e verifica; istituti di formazione.

La Griglia Computazionale, con oltre 3600 core forniti in maggioranza dal supercalcolatore CRESCO (potenza di calcolo dell'ordine di 20 TeraFlops), si colloca fra le maggiori infrastrutture di supercalcolo nazionali.

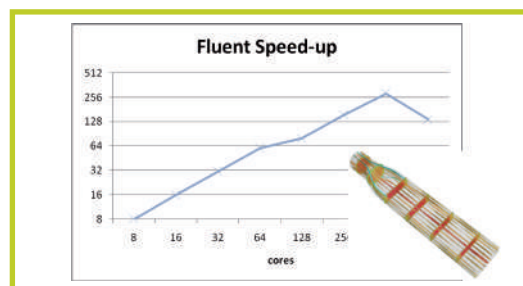
La tecnologia ENEA-GRID consente a qualunque utente finale di accedere (via web) a tutte le risorse hardware e software della griglia: codici di calcolo, strumenti per la visualizzazione 3D, infrastrutture per il lavoro collaborativo, formazione a distanza ed ambienti multimediali.

CRESCO è in grado di effettuare computazioni parallele con "speed-up" che vanno ordinariamente da 200 a 500 con punte fino a 2000. Questo equivale a dire che un'attività computazionale, effettuata con un solo calcolatore in un anno, può essere effettuata in circa una settimana utilizzando il supercalcolatore CRESCO.

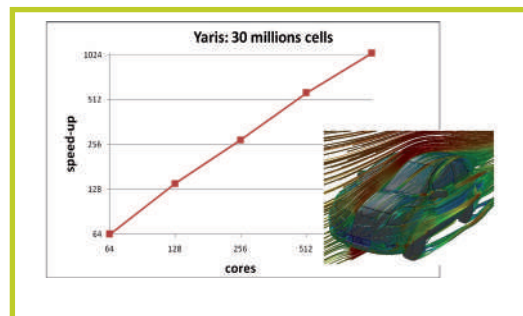
I grafici riportati in questa scheda si riferiscono a calcoli computazionali eseguiti sul sistema di calcolo ad alte prestazioni CRESCO.



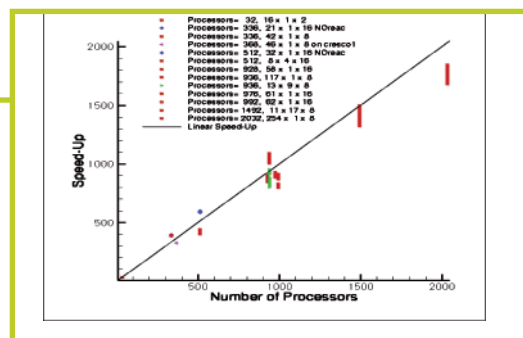
Sala Calcolo CRESCO



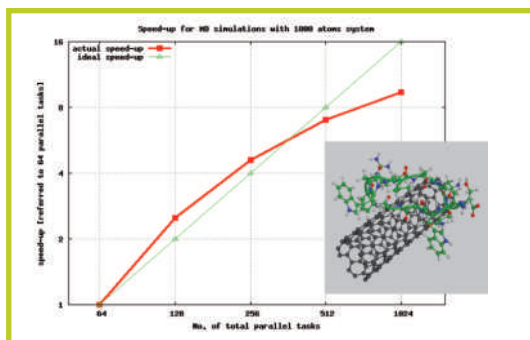
Fattore di Speed-up per il codice Fluent.
Caso: flusso in una zona di transizione di un condotto (Mesh di circa 10^7 celle)



Fattore di Speed-up per il codice OpenFoam.
Geometria: autovettura Toyota Yaris (Mesh di circa $3 \cdot 10^7$ celle tetraedriche)



Fattore di Speed-up codice di combustione HearT sviluppato in ENEA (F.R. Picchia, E. Giacomazzi, N. Arcidiacono, et altri)



Speed-up su CRESCO del codice CPMD per lo studio di un sistema di 1000 atomi. Schema: adesione di un sistema di atomi di Peptide su nano tubi di carbonio (Massimo Celino, Salvatore Raia)

The Area carries out research activities and provides advanced services in the field of CAE (Computer Aided Engineering) technologies and ceramic materials. Its main strength is the capability to integrate its material behaviour know-how with the most advanced CAE technologies in order to develop numerical models able to accurately simulate the behaviour of materials, components and structures.

Potential users: transport, oil & gas, and nuclear energy companies, research centres.

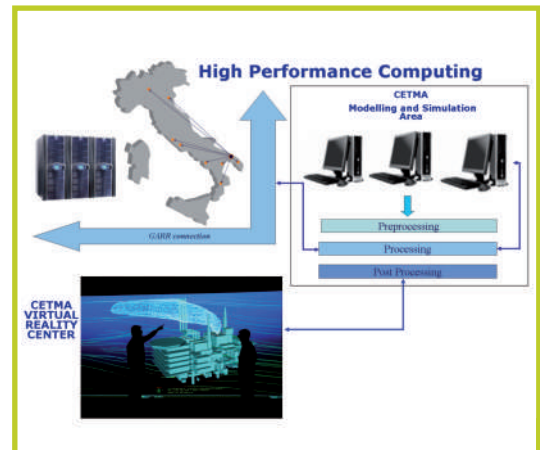
The Area's fields of expertise are: numerical modelling and analysis of complex physical phenomena (thermo-fluid dynamics, crash, structural analysis), development of numerical models to simulate the behaviour of advanced and traditional materials (polymers, ceramics and composites), high-performance computing (grid computing), and immersive visualization (Virtual Reality Center).

The available numerical codes are the following: PRO-Engineer/CATIA/AUTOCAD (CAD), HYPERWORKS (FEA suite), ANSYS/NASTRAN (general purpose FE code), LS-DYNA (general purpose dynamic FE code), GAMBIT/FLUENT/CFX (CFD codes), CARES (Ceramic Analysis and Reliability Evaluation of Structures), ESA-COMP (Composites design software), EDEM (Discrete element modelling).

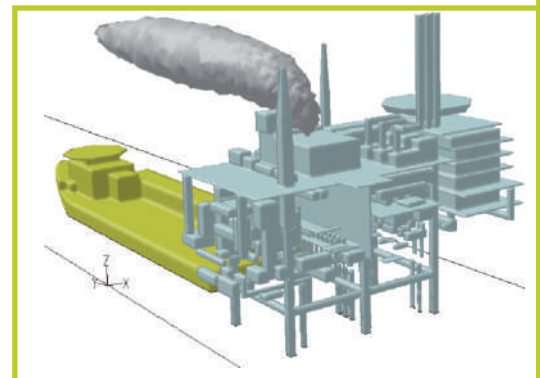
High-performance computing facilities are: CETMA workstations, ENEA GRID resources and their integration with the CVRC (CETMA Virtual Reality Centre).

Among the most important projects and collaborations the following are noteworthy:

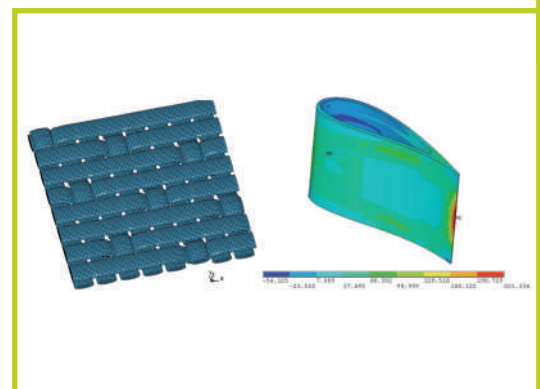
- PROCETMA: modelling and simulation of complex phenomena in the transport sector
- TEXTRA - private-public Laboratory: development of composite ceramic materials for aeronautic applications
- PUMA and SEMPRE projects: development of design methodologies and innovative technological solutions to increase energy saving in complex plants
- AVIO-CETMA Research Contract: development of advanced ceramic materials to design an innovative gas turbine ceramic vane
- DENTALIA-CETMA and ENEA Research Contract: development of production processes for zirconia components.



Numeric modelling Integration – ENEA GRID Computing – CETMA Virtual Reality Centre



Thermo-fluid-dynamic simulations: oil & gas industry, glass production plants, heat exchangers, hydro-dynamics



Numeric modelling of advanced composite and ceramic material behaviour

L'Area svolge attività di ricerca e fornisce servizi avanzati nel settore delle tecnologie CAE (Computer Aided Engineering) e dei materiali ceramici; suo punto di forza è l'integrazione del know-how relativo all'analisi del comportamento dei materiali con le più avanzate tecnologie CAE per lo sviluppo di modelli numerici in grado di simulare il comportamento di materiali, componenti e strutture.

Potenziali utenti: aziende (settori trasporti, oil & gas, nucleare) e centri di ricerca.

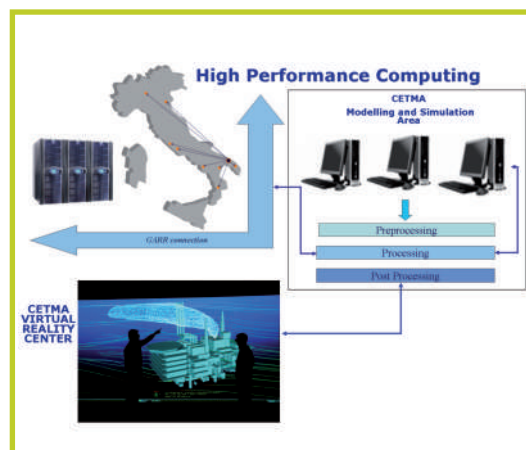
Le competenze dell'Area riguardano la modellazione numerica di fenomeni fisici complessi (termo-fluidodinamica, crash, analisi strutturali), la messa a punto di modelli numerici per la simulazione del comportamento di materiali tradizionali e innovativi (polimeri, ceramici e compositi), il calcolo ad alte prestazioni (grid computing) e la visualizzazione immersiva (Centro di Realtà Virtuale - CVRC).

I codici di calcolo disponibili sono: PRO-Engineer/CATIA/AUTOCAD (CAD), HYPERWORKS (FEA suite), ANSYS/NASTRAN (general purpose FE code), LS-DYNA (general purpose dynamic FE code), GAMBIT/FLUENT/CFX (CFD codes), CARES (Ceramic Analysis and Reliability Evaluation of Structures), ESA-COMP (Composites design software), EDEM (Discrete element modelling)

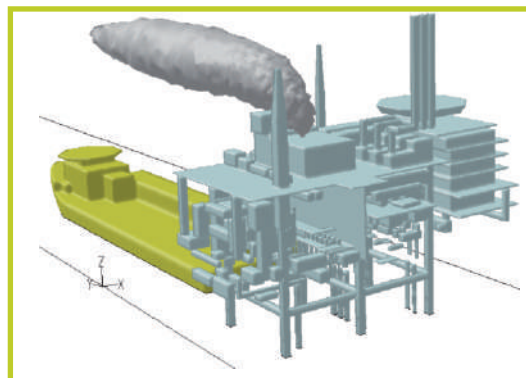
Per il calcolo ad alte prestazioni sono disponibili workstation interne CETMA, GRID di calcolo ENEA, interfacciamento con CVRC.

Tra i progetti e le collaborazioni rilevanti si segnalano:

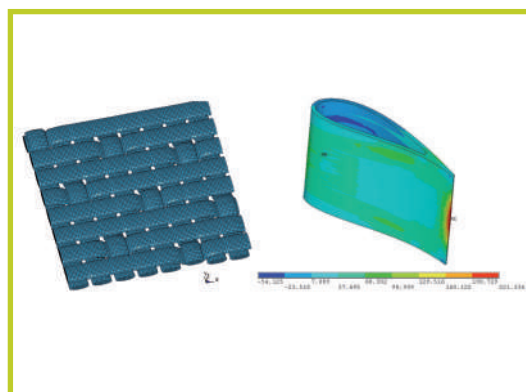
- PROCETMA: Modellazione e simulazione di fenomeni complessi nel settore dei trasporti
- TEXTRA-Laboratorio pubblico-privato: Sviluppo di materiali ceramici compositi per applicazioni aeronautiche
- Progetti PUMA e SEMPRE: Sviluppo di metodologie di progettazione e nuove soluzioni tecnologiche per il miglioramento del recupero energetico in impiantistica complessa
- Contratto di Ricerca AVIO-CETMA: Sviluppo di materiali ceramici avanzati per la realizzazione di parti statoriche di turbine aeronautiche
- Contratto di Ricerca DENTALIA-CETMA ed ENEA: Sviluppo di processi di produzione di componenti in ossido di zirconio.



Integrazione Modellazione numerica - GRID Computing ENEA – Centro di realtà virtuale CETMA



Simulazioni termo-fluidodinamiche: settore oil & gas, impianti di produzione del vetro, scambiatori di calore, idrodinamica

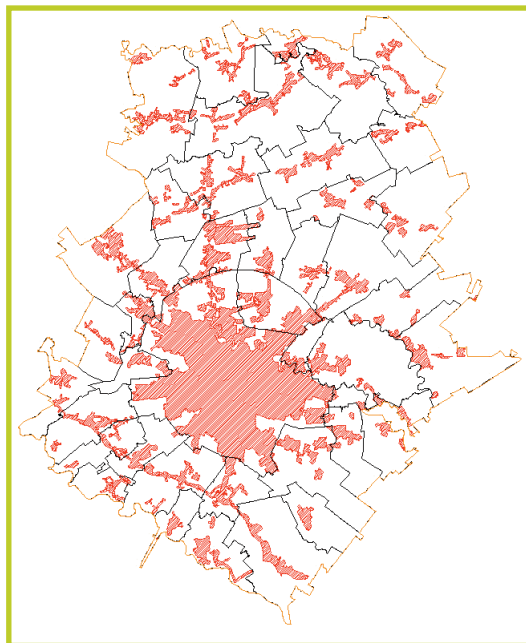


Modellazione numerica del comportamento di materiali compositi e ceramici avanzati

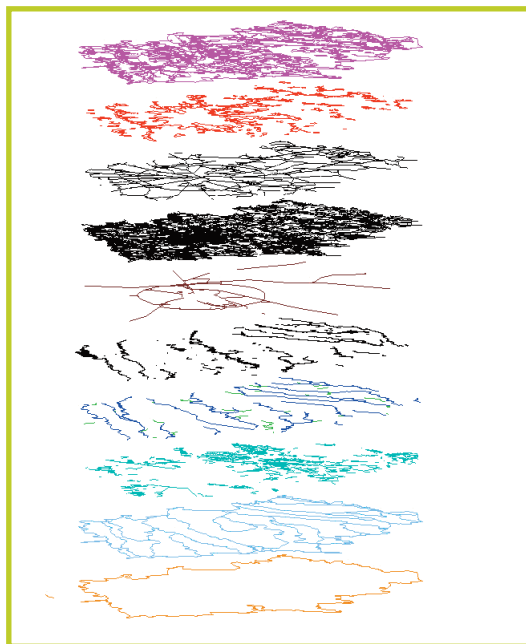
This System is used to acquire, register, analyse, visualize and return information from geographical data. GIS (Geographical Information System) application is used to associate symbolic information from cartography (satellite images, vector layers) to alphanumeric information from database through a link between each geographic entity of a chart and a record of the database. The giant steps made in the Cartography and Information Technology sectors help to contain these two kinds of information in the same system, providing easy and fast data analysis and result visualization.

Potential users: public and local administrations, companies working with geographical information (tourism, energy and environment, etc.).

CETMA has used the GIS System in the International Co-operation activities between Romania and Italy, in collaboration with the Italian Ministry for the Environment, Land and Sea, and the Romanian Ministry of Environment. Specifically the GIS system has been applied in two projects, carried out in the Bucharest-Ilfov Region. The first one concerns the management of surface waters, the second one the management of urban solid wastes. Several layers were created at scale 1:25.000, including irrigation ditches, major and minor rivers, lakes, streets, sites, land cover and land use. Moreover some layers of detail, at scale 1:5.000, of existing runaway dumps and of improved sites were created, and on a pilot site a topographic relief was realized with land register and a Digital Elevation Model (DEM) elaboration.



Territorial boundaries and Municipalities in the Bucharest-Ilfov Region

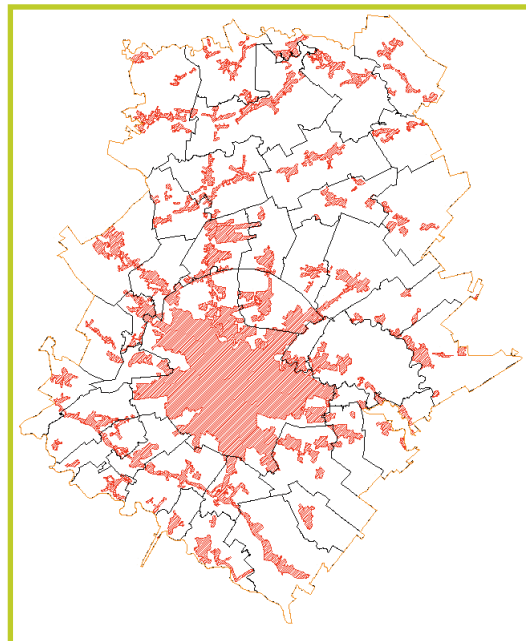


Overlapping different layers: land cover and land use, streets, sites, railways, irrigation ditches, major and minor rivers, lakes, hydro-geologic basin, territorial boundaries

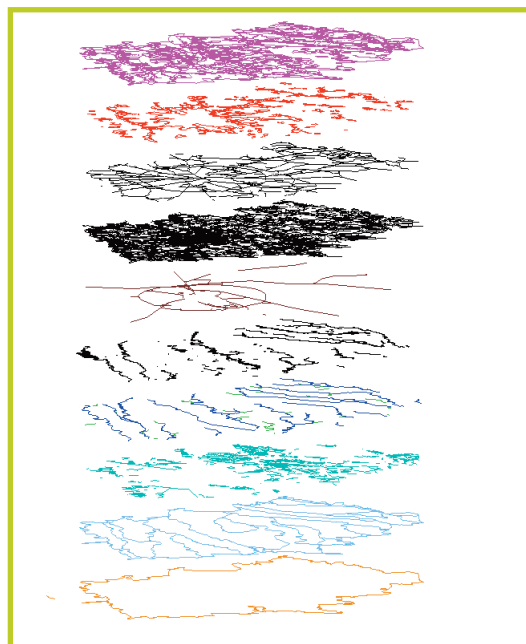
Il sistema permette l'acquisizione, la registrazione, l'analisi, la visualizzazione e la restituzione di informazioni derivanti da dati geografici. L'applicazione GIS (Geographical Information System) permette di associare informazioni di tipo simbolico proprie della cartografia (immagini satellitari, ortofoto, layers vettoriali) ad informazioni di tipo alfanumerico proprie di un database, grazie al legame tra ogni entità geografica di una carta e un record del database. I notevoli passi avanti fatti nei settori della cartografia e dell'Information Technology consentono di avere queste due tipologie di informazioni all'interno di uno stesso "contenitore", permettendo l'analisi dei dati e la visualizzazione dei risultati in modo facile e veloce.

Potenziali utenti: pubbliche amministrazioni, enti locali, società operanti in settori legati al territorio e alle informazioni geografiche (turismo, energia e ambiente ecc.).

CETMA ha utilizzato il sistema nell'ambito della Cooperazione Internazionale tra Romania e Italia, attività che hanno richiesto una collaborazione con il Ministero dell'ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare Italiano e con il Ministero dell'ambiente Romeno. In particolare il GIS è stato utilizzato in due Progetti condotti nella Regione di Bucharest-Ilfov che riguardavano rispettivamente la gestione delle acque di superficie e la gestione dei rifiuti solidi urbani; sono stati realizzati numerosi layers in scala 1:25.000 tra i quali canali di irrigazione, fiumi minori e maggiori, laghi, strade, ferrovie, pozzi, località, land cover e land use. Inoltre, sono stati realizzati alcuni layers di dettaglio, in scala 1:5.000, delle discariche incontrollate esistenti e dei siti bonificati e, su di un'area pilota, è stato eseguito un rilievo topografico con catasto delle opere idrauliche ed un'elaborazione Digital Elevation Model (DEM).



Confini territoriali e municipalità nella Bucharest-Ilfov Region



Sovrapposizione dei diversi layers: land cover e land use, strade, località, ferrovie, canali di irrigazione, fiumi maggiori e minori, laghi, bacini idrogeologici, confini territoriali

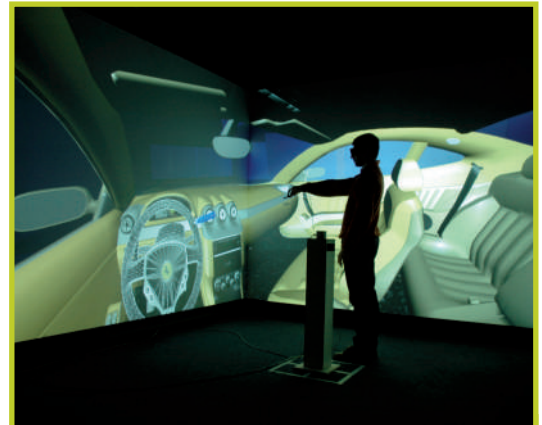
CETMA Virtual Reality Center (CVRC) is an IT laboratory which provides the industrial sector with services and products by means of design support, training (academic and business) and dissemination activities (edutainment). The most important offer typologies are: on-demand Immersive Virtual/Augmented Reality s/w applications, visualization of numerical simulation (FEM, CFD) results in stereoscopic modality and at real scale (or close to it), immersive and stereoscopic visualization of 3D scenarios. The enterprises which do not own the necessary tools and competences may directly ask CETMA for such services and products, or use the laboratory as their own tool.

Potential users: design companies (automotive, furniture, medical, etc.) or involved in complex production processes (aerospace, oil, critical plants), military bodies, other research centres and universities.

The visualization system, based on BARCO's MoVE, comprises 3 semi-moveable display screens (for a total 9.6 m length and a 2.4 m height), with side display screens which may rotate from CADWall to CAVE shaping (configuration). It offers the possibility to use different scenarios and allows for simulations in internal environments as well as style environments. It is equipped with 6 BARCO technology projectors and allows mono and passive stereo fruition. The computing system (Render Farm) is equipped with an ORAD technology cluster, it uses 12 DVG-10 for a total of 24 Render Nodes based on nVidia technology and is controlled by a console linked to a computing grid. It is possible to have computing resources available to process finite element models of considerable complexity, which use codes like LS-DYNA, ANSYS, and FLUENT. The CVRC has a 34-seat audience.

CVRC has an additional technological hall hosting other laboratories (material technologies, mecatronics), training rooms and a platform with 4 degrees of freedom to simulate helicopter missions.

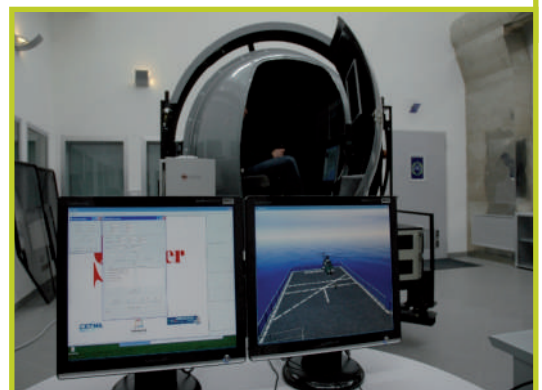
Among the most remarkable projects underway, the following are worth mentioning: PROGIMM project (Immersive design) with FERRARI, THINK3 and ELASIS as co-partners apart from CETMA.



CVRC in CAVE modality: immersive design in the automotive sector



Stereoscopic and real-scale visualization of CRASH code results



Simulation platform of helicopter missions

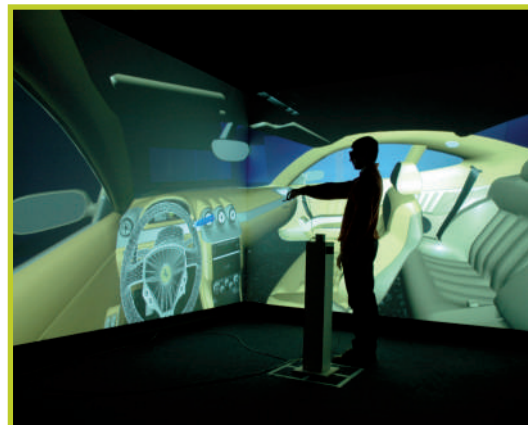
Il CETMA Virtual Reality Center (CVRC) è un laboratorio di tecnologie informatiche che fornisce servizi e prodotti al settore industriale (tramite il supporto alla progettazione), formativo (formazione aziendale o accademica) e divulgativo (edutainment). Tra le tipologie di offerta: applicazioni software di Virtual/Augmented Reality di tipo immersivo on demand, visualizzazione di risultati di codici di calcolo in modalità stereoscopica e scala reale (o prossima ad essa), visualizzazione immersiva e stereoscopica di scenari 3D. Le aziende che non dispongono di strumentazione e competenze adeguate possono richiedere tali servizi e prodotti direttamente al CETMA, oppure utilizzare il laboratorio come se fosse una loro risorsa.

Potenziali utenti: aziende nel settore del design (per automotive, arredamento, medicale ecc.) o dei processi produttivi complessi (aerospace, oil, critical plant), enti militari, altri centri di ricerche e università.

Il sistema di visualizzazione, basato sul sistema MoVE della BARCO, consiste in 3 schermi semi-movibili (per un totale di 9,6 metri di lunghezza e 2,4 metri di altezza) le cui pareti laterali possono ruotare da una configurazione CADWall ad una configurazione CAVE, offre la possibilità di fruire di differenti scenari e consente simulazioni sia di ambienti interni che di stile. È dotato di 6 proiettori con tecnologia BARCO e consente una fruizione mono e una fruizione stereo di tipo passivo. Il sistema di calcolo (Render Farm) è costituito da un cluster con tecnologia ORAD, utilizza 12 DVG-10 per un totale di 24 Render Nodes basati su tecnologia nVidia ed è controllato da una console connessa a grid computazionali. È possibile disporre di risorse di calcolo per processare modelli agli elementi finiti di notevole complessità che utilizzano codici quali LS-DYNA, ANSYS e FLUENT. Il CVRC è dotato di un audience di 34 posti a sedere.

Al CVRC è associata una hall tecnologica in cui sono presenti altri laboratori (Laboratorio di ingegneria dei materiali, Laboratorio di meccatronica), aule di formazione, e una piattaforma a 4 gradi di libertà per la simulazione di missioni di elicotteri.

Tra i progetti più rilevanti in corso si cita il progetto PROGIMM (Progettazione Immersiva) che ha come partner, oltre al CETMA, anche FERRARI, THINK3 ed ELASIS.



CVRC in modalità CAVE: Progettazione Immersiva nel settore Automotive



Visualizzazione stereoscopica e in scala reale dei risultati di codici CRASH



Piattaforma di simulazione di missione di elicotteri

FN SpA (98% ENEA) Laboratories are able to design and develop conventional components for nuclear applications. FN SpA is also able to make ceramic matrix composites for nuclear fusion applications and to make special brazing, such as the Cu casting on W, in order to get components for nuclear fusion reactors. FN can also make physical-mechanical and structural characterization on raw materials, semi-finished and final components to be used in the nuclear field.

Potential users: energy industries.

FN SpA:

- edits executive projects and proceeds to mechanical processing and component realisation at its own mechanical workshop and technological hall;
- develops innovative processes starting from raw materials;
- performs mechanical characterization and chemical-physical and microstructural analyses.

Among the remarkable results got in this field it is worth mentioning:

- Aluminium fluoride component realisation for a neutron shield designed by ENEA to be used in a boron-therapy device for cancer therapy;
- the qualification by CEA (France) as supplier of Boron Carbide pellets, to be used in research reactors, with the production of two lots of these pellets after winning two calls for tender;
- the production of special stainless-steel reflecting elements for the French nuclear plant Superphenix at Creys Malville, and the relevant qualification for their fabrication.



Boron Carbide pellets for CEA



CVI (Chemical Vapour Infiltration) device for ceramic matrix composites

I laboratori della FN SpA, partecipata al 98% ENEA, sono in grado di effettuare la progettazione e lo sviluppo di componentistica convenzionale per impianti di tipo nucleare. FN SpA è in grado di realizzare compositi a matrice ceramica per impieghi speciali e di effettuare il casting del rame su tungsteno, in particolare per la realizzazione di componenti per i reattori a fusione. Può, inoltre, offrire servizi di caratterizzazione fisico-meccanica-strutturale di materiali base, di semilavorati e di componenti finiti da impiegare nel settore nucleare.

Potenziali utenti: industrie del settore energetico.

FN SpA:

- elabora progetti esecutivi, sulla base di progetti di massima, e procede alla messa in lavorazione presso laboratori e/o officina meccanica interni;
- sviluppa processi innovativi a partire da materiali base;
- effettua test di caratterizzazione meccanica e analisi chimico-fisiche e microstrutturali.

Tra i risultati di rilievo conseguiti si citano:

- la realizzazione di componenti in fluoruro di alluminio costituenti uno schermo per neutroni progettato da ENEA, da impiegare in un dispositivo di radioterapia per la cura di tumori;
- la qualifica da parte del CEA (Francia) per la realizzazione di pellets di carburo di boro da impiegare in reattori sperimentali e produzione di due lotti delle stesse a seguito della acquisizione di due gare d'appalto;
- la realizzazione di elementi riflettenti in acciai speciali e relativa qualifica per impiego nel reattore francese Superphenix di Creys Malville.



Pellet in carburo di boro per CEA



Impianto per CVI (Chemical Vapour Infiltration) per compositi a matrice ceramica

Nucleco activities are focused on: qualification of conditioning processes of liquid and solid radioactive wastes arising from new-generation nuclear power plants; treatment and cement matrix conditioning of second- and third-category radioactive wastes resulting from decommissioning old nuclear power plants and research centres.

Potential users: industries involved in radioactive waste conditioning, safety authorities.

Radioactive waste management strategies for second- and third-category wastes (according to the ENEA Technical Guide n. 26), involve specific processes (treatment and conditioning) aimed at producing a final waste form in which the radionuclides are incorporated into a solid matrix in order to reduce their potential migration or dispersion. The qualification of conditioning processes consists of all those activities demonstrating that the final waste products have the minimum requirements (mechanical, chemical and physical characteristics) compliant with all the subsequent management phases: long term storage, transport and long term disposal of the waste (in accordance with UNI 11193-2006 standard).

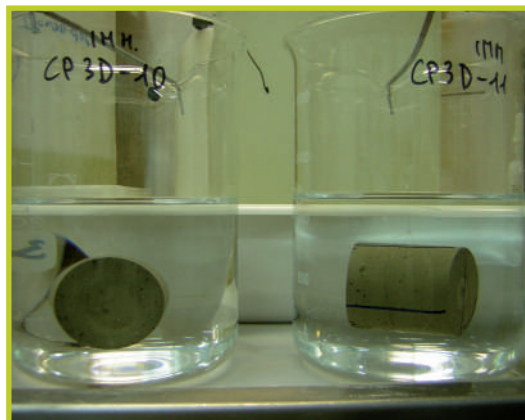
Among the most important NUCLECO projects the following must be mentioned:

- CEMEX: pre-qualification of the conditioning process by solidification of liquid radioactive wastes (MTR and CANDU) belonging to the third category (2004-2007);
- MAGNOX: qualification of the conditioning process by immobilization of solid radioactive wastes (Magnez alloy splitters and corrosion products) belonging to the second category (2005-2006);
- PHADEC: qualification of the conditioning process by direct solidification of solid powder radioactive wastes (Fe_2O_3) belonging to the second category (2006-2009);
- PRODOTTO FINITO: qualification of the conditioning process by solidification of liquid radioactive wastes (U and Th) belonging to the third category (2006-2009);
- RESINE: pre-qualification of the conditioning process by direct solidification of solid radioactive wastes from Wet

Oxidation of exhausted resins belonging to the third category (2009).



Compressive strength test



Leaching rate test



Fire resistance test



Radiation resistance test



Cubic test specimens

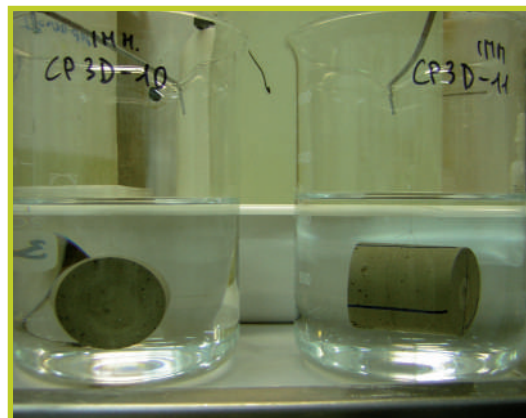
L'attività della NUCLECO è rivolta a: qualificazione dei processi di condizionamento dei rifiuti radioattivi liquidi e solidi prodotti dalle centrali nucleari di nuova generazione; trattamento e condizionamento in matrice cementizia di rifiuti radioattivi di seconda e terza categoria nell'ambito del decommissioning delle vecchie centrali e dei centri di ricerca.

Potenziali utenti: industrie interessate al condizionamento dei rifiuti radioattivi, autorità di sicurezza.

Le strategie di gestione dei rifiuti radioattivi appartenenti alla seconda o terza categoria (GT n. 26) prevedono che tali rifiuti siano sottoposti a specifici processi di trattamento e successivo condizionamento allo scopo di produrre un manufatto nel quale i radionuclidi risultino inglobati in una matrice solida per limitarne la mobilità potenziale. La qualificazione di un processo di condizionamento è l'insieme di attività volte a dimostrare che il manufatto risultante rispetti i requisiti minimi (caratteristiche meccaniche, chimiche e fisiche) per il deposito temporaneo, il trasporto e lo smaltimento (UNI 11193 - 2006).

Tra i progetti di maggior rilievo condotti dalla NUCLECO si citano:

- CEMEX: prequalificazione del processo di condizionamento mediante solidificazione di rifiuti liquidi (MTR e CANDU) di terza categoria (2004-2007)
- MAGNOX: qualificazione del processo di condizionamento mediante inglobamento di rifiuti solidi (metallici e prodotti di corrosione) di seconda categoria (2005-2006)
- PHADEC: qualificazione del processo di condizionamento mediante cementazione diretta di rifiuti solidi polverulenti (Fe_2O_3) di seconda categoria (2006-2009)
- PRODOTTO FINITO: qualificazione del processo di condizionamento mediante solidificazione di rifiuti liquidi (U e Th) di terza categoria (2006-2009)
- RESINE: prequalificazione del processo di condizionamento mediante solidificazione diretta di residui solidi ottenuti dall'ossidazione ad umido di resine esaurite di seconda e terza categoria (2009).



Prova di lisciviazione



Resistenza ad alta temperatura



Prova di irraggiamento



Prova di compressione



Provini per le prove

Edito dall'ENEA - Unità Comunicazione

Revisione testi: Carla Costigliola, Antonino Dattola, Diana Savelli

Grafica interni: Cristina Lanari

Copertina: Bruno Giovannetti

Novembre 2010

