



LABORATORI NAZIONALI DI FRASCATI

DOC-LNF-AOO_LNF-2026-0000113

7 Aprile 2026

**NORME INTERNE PER LA PROTEZIONE DALLE RADIAZIONI
IONIZZANTI NELLA FASE DI ESERCIZIO
DEL LABORATORIO FLAME**

Autori	Verificato da	Approvato da
Federico Chiarelli	Maria Pia Anania	Paola Gianotti
Raffaella Donghia		



NORME INTERNE PER LA PROTEZIONE DALLE RADIAZIONI IONIZZANTI NELLA FASE DI ESERCIZIO DEL LABORATORIO FLAME

Le presenti norme disciplinano le attività lavorative nella fase di collaudo ed esercizio del laboratorio FLAME esclusivamente per quanto riguarda la protezione dalle radiazioni ionizzanti.

I- INTRODUZIONE

- 1) Il Laboratorio FLAME è costituito da un capannone industriale di dimensioni 18 x 12 x 8 m³ al cui interno è installato un sistema laser denominato FLAME (Frascati Laser for Acceleration and Multidisciplinary Experiments).

Suddetto laser, basato sulla tecnologia CPA con Ti: zaffiro come materiale attivo, fornisce impulsi di durata ≥ 20 fs con potenza di picco fino a circa 250 TW nominali (≤ 8 Joule), in grado di funzionare alla frequenza di 5 Hz (modalità di funzionamento non prevista nella prima fase dell'esercizio poiché l'impianto a vuoto della macchina non è ottimizzato per poter funzionare ad una così alta frequenza di ripetizione). La lunghezza d'onda della luce laser sarà centrata intorno a 800 nm con larghezza di banda di circa 80 nm. L'impulso laser prodotto verrà utilizzato in due differenti modi:

- a) focalizzazione su campioni solidi o gassosi ad intensità fino a 10^{20} W/cm² nell'apposita camera di misura;
 - b) trasporto e focalizzazione all'interno della sala SPARC su fascio di elettroni per il progetto PLASMON-X;
 - c) trasporto e focalizzazione all'interno della sala SPARC su gas jet per il progetto EuAPS.
- 2) Il complesso FLAME è costituito dai seguenti ambienti o aree, la cui dislocazione è mostrata in Fig.1.



Al livello stradale, nelle aree A, B e C, sono ricavati i seguenti ambienti:

- ingresso principale del laboratorio;
- camera Pulita di FLAME;
- vestibolo Camera Pulita di FLAME;
- sala controllo, diagnostica e acquisizione;
- locale di servizio riservato alle unità di controllo e raffreddamento dei laser di pompa;
- tetto della “Sala Sperimentale” (o bunker) con compressore sottovuoto del fascio laser amplificato.

Al di sotto del livello stradale, nell’area in Figura 1 indicata come C, alla profondità di 5 m, è ricavato un solo ambiente, detto “Sala Sperimentale”: in questo è presente la camera di interazione laser-bersaglio, in cui sarà generata la sorgente di radiazione ionizzante. La “Sala Sperimentale” è accessibile attraverso una scala dotata di cancello con serratura a chiave prigioniera ed interlock connessi al funzionamento/erogazione del laser ad alta potenza.

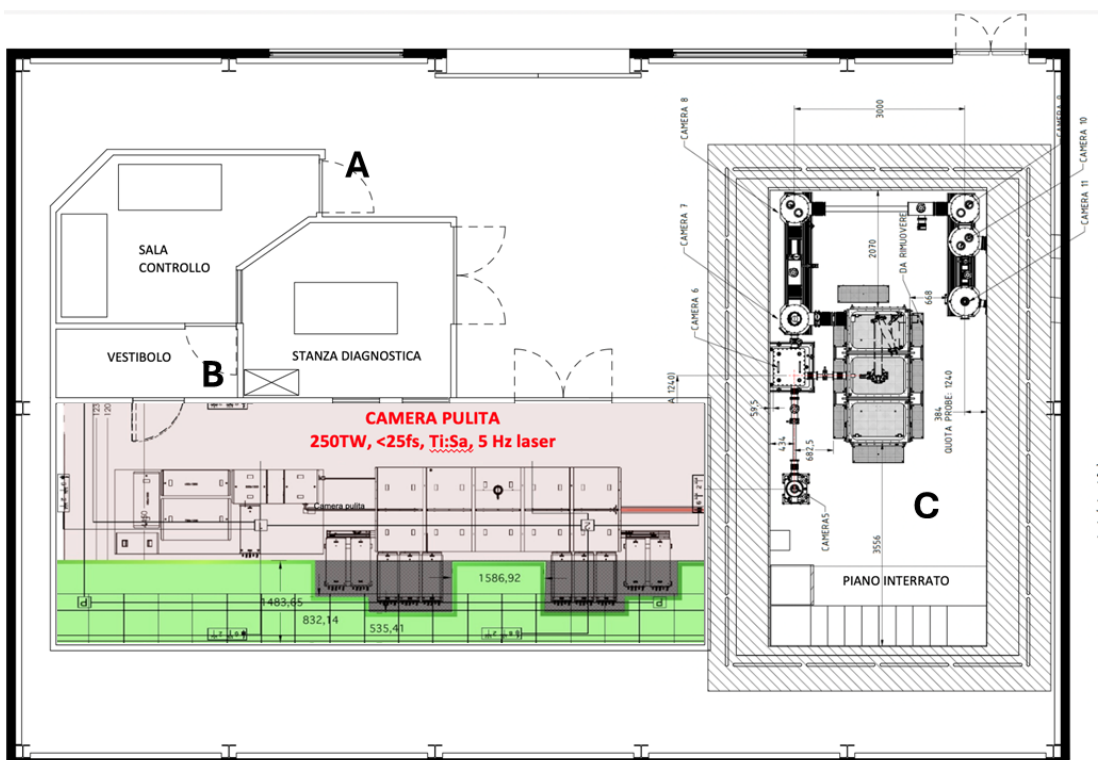


Fig. 1 Pianta del laboratorio FLAME. Il locale C è dislocato su due piani di cui uno interrato, riportato in figura, detto "Sala Sperimentale" o bunker.



- 3) Nella fase di collaudo ed esercizio dell'impianto, sono consentite esclusivamente le seguenti prove di funzionamento articolate principalmente in tre fasi successive:
 - a) la prima fase riguarda il test e la misura delle proprietà del fascio laser (misure di contrasto, misure di stabilità, misure di qualità del fascio) ed il test di propagazione del fascio dal piano terra alla "Sala Sperimentale" per verificare l'efficienza di trasporto, l'assenza di retro-riflessioni, il controllo del puntamento. In questa fase, si utilizzerà il fascio laser non focalizzato e con potenza di picco che gradualmente salirà da valori bassi (ordine di 1 TW) ai valori massimi (> 200 TW);
 - b) la seconda fase riguarda il test e la misura delle proprietà del fascio laser focalizzato tramite una parabola fuori asse in assenza di bersaglio;
 - c) la terza fase riguarda la sperimentazione vera e propria di accelerazione di particelle (elettroni e protoni), prodotta in interazioni tra fascio laser focalizzato e bersagli solidi o gassosi e l'utilizzo del laser per gli esperimenti in connessione con l'impianto SPARC.
- 4) Il laser FLAME può funzionare nelle seguenti fasi o modalità di funzionamento:
 - a) Laser-off
 - b) Laser-low power to FLAME or to SPARC - Blocked/Enabled;
 - c) Laser-high power to FLAME or to SPARC - Blocked/Enabled;
- 5) La modalità di funzionamento è predisposta mediante un sistema computerizzato di controllo del laser, ubicato nella Sala Controllo FLAME.

II - SEGNALAZIONI, SICUREZZE ED EMERGENZE

L'impianto FLAME è caratterizzato dal sistema di segnalazione, sicurezza ed emergenza come di seguito descritto.

- 1) Nella Sala Sperimentale in prossimità del tetto, nella Camera Pulita e nella Sala Controllo vi sono dei quadri luminosi riportanti le possibili fasi di funzionamento di FLAME nonché lo stato della ronda:
 - a) Laser-off;
 - b) Laser-low power to FLAME or to SPARC - Blocked/Enabled;
 - c) Laser-high power to FLAME or to SPARC - Blocked/Enabled;
 - d) Stato della ronda.



- 2) Nella Sala Sperimentale, nella Camera Pulita, nella Sala Controllo sono installate lampade rosse. Dette lampade sono accese fisse quando l'impianto è pronto per erogare un impulso laser di alta potenza sul bersaglio (Laser-high power to FLAME) e l'accesso alla Sala Sperimentale è stato chiuso con la procedura di sicurezza prevista.
- 3) L'avvio dell'installazione in fase laser ad alta potenza (Laser-high power to FLAME) è sempre subordinato alla effettuazione della ronda di controllo da parte del personale operativo. Tale ronda consiste nell'azionare gli appositi pulsanti nella sequenza corretta e nel tempo fissato. Fra l'azionamento di un pulsante e il successivo, così come fra l'azionamento dell'ultimo pulsante e la chiusura del cancello di accesso alla Sala Sperimentale non deve trascorrere un tempo superiore a quello prefissato. Associato al sistema di ronda, verrà installato un sistema di telecamere con monitor in Sala Controllo ed in grado di coprire tutta l'area della Sala Sperimentale.
- 4) Nella Sala Sperimentale, nella Camera Pulita, nella Sala Controllo l'erogazione del laser ad alta potenza (Laser-high power to FLAME) è preceduta dal suono di un segnalatore acustico della durata di circa 30 secondi.
- 5) La Sala Sperimentale è dotata di cancello con microinterruttori e con serratura a chiave prigioniera. Quest'ultima è saldata alla chiave da inserire sul pannello in Sala Controllo per abilitare l'erogazione del Laser. Nella fase Laser High Power to FLAME, il prelievo della chiave dalla propria sede sul pannello in Sala Controllo provoca l'inserimento dello shutter che inibisce il trasporto del fascio laser. L'apertura dei contatti dei microinterruttori causata dall'apertura della porta provoca la caduta della ronda nonché la chiusura dello shutter nella fase "Laser-high power to FLAME". Pertanto, una nuova erogazione dell'impulso laser ad alta potenza alla camera di misura (fase Laser-high power to FLAME) è subordinata: all'effettuazione della ronda in Sala Sperimentale; alla richiusura del cancello di accesso in accordo con la procedura di sicurezza prevista; all'inserimento della chiave nel pannello in Sala Controllo.
- 6) Nella Sala Sperimentale e nella Sala Controllo sono presenti pulsanti di emergenza a ripristino locale, che, se premuti, provocano, in tutte le fasi di funzionamento, l'interruzione dell'erogazione dell'impulso laser alla camera di misura, mediante l'inserimento dello shutter. I pulsanti di emergenza in sala Sperimentale, se premuti, causano inoltre la caduta della ronda e generano un segnale acustico in Sala Controllo.
- 7) La mancanza di alimentazione ai pannelli di controllo dei dispositivi di sicurezza ed emergenza impone l'effettuazione della ronda prima del riavvio della macchina.



All'esterno del bunker di FLAME, al confine dell'area classificata, è installato un sistema di monitoraggio attivo, composto da una camera a ionizzazione per la radiazione γ ed un contatore proporzionale al BF_3 per la componente neutronica (rem counter tipo Andersson e Braun). Il superamento del valore di soglia di equivalente di dose ambientale prefissato dall'Esperto di Radioprotezione impedisce l'erogazione dell'impulso laser, tramite inserimento dello shutter.

Lo stato di funzionamento della macchina e dei sistemi di sicurezza risulta in un quadro sinottico situato in Sala Controllo.

III - DISPOSIZIONI GENERALI SUI SISTEMI DI SICUREZZA

- 1) Il responsabile del Laboratorio FLAME è responsabile del corretto funzionamento dei sistemi di sicurezza descritti nel par. II.
- 2) Il controllo dell'efficacia dei sistemi di sicurezza descritti nel par. II deve essere effettuato periodicamente con la frequenza stabilita dall' esercente, su proposta dell'Esperto di Radioprotezione ed in collaborazione con quest'ultimo, che si avvale del servizio FISMEL.
- 3) Le schermature, sia fisse che mobili, sono parte integrante del sistema di sicurezza. Pertanto, qualsiasi modifica al loro assetto deve essere preventivamente concordata con l'Esperto di Radioprotezione.
- 4) Dopo le eventuali modifiche di cui al precedente punto, l'Esperto di Radioprotezione provvede alla misura dei livelli di radiazioni nelle zone interessate, limitando eventualmente l'accesso ed i tempi di permanenza ove risultasse necessario.
- 5) Chiunque venga a conoscenza di eventuali irregolarità di funzionamento del sistema di sicurezza di cui al par. II deve darne immediata notizia al Responsabile di FLAME, al Responsabile della Divisione Acceleratori e al Datore di Lavoro, nonché all'Esperto di Radioprotezione, e a prenderne nota nell'apposito registro di macchina ubicato in Sala Controllo. Il funzionamento di FLAME potrà riprendere solo dopo aver ripristinato il corretto funzionamento del sistema in parola.

IV - NORME PER L'ACCESSO E LA PERMANENZA NELLE AREE DI PERTINENZA DI FLAME

L'accesso e la permanenza negli ambienti di lavoro di pertinenza di FLAME, per i soli aspetti radioprotezionistici, sono disciplinati come in Tabella I.

Tabella I – classificazione aree in funzione delle modalità di funzionamento



Modi di funzionamento Aree	Laser off	Laser on/ laser probe on Fase di allineamento	Laser-on – fase ad alta potenza ed alta intensità in FLAME	Laser-on – fase ad alta potenza ed alta intensità verso SPARC
Ingresso principale del laboratorio	L	L	L	L
Camera Pulita di FLAME	L	L	L	L
Vestibolo Camera Pulita di FLAME	L	L	L	L
Sala controllo, diagnostica e acquisizione	L	L	L	L
Locale di servizio riservato alle unità di controllo e raffreddamento dei laser di pompa	L	L	V	L
Sala Sperimentale	L	L	V	L

Il significato dei simboli è il seguente:

L = Area di libero accesso - Di norma nessuna restrizione per motivi di radioprotezione.

V = Area controllata ad accesso interdetto - L'accesso è vietato a tutti.

L'accesso alla Sala Sperimentale FLAME nonché quello del Locale di servizio riservato alle unità di controllo e raffreddamento dei laser di pompa è vietato a tutti nella fase Laser-on – fase ad alta potenza ed alta intensità in FLAME.

Nelle altre fasi di lavoro (Laser on/laser probe on-Fase di allineamento/ Laser-on/fase ad alta potenza ed alta intensità verso SPARC) l'accesso è consentito al solo personale afferente alla Divisione Acceleratori, purché regolarmente autorizzato dal Responsabile FLAME o da un suo delegato.

L'accesso alla Sala Sperimentale, nonché quello del Locale di servizio riservato alle unità di controllo e raffreddamento dei laser di pompa, viene effettuato attraverso il cancello di accesso, previo il prelievo dal pannello in Sala Controllo della relativa chiave.

L'accesso e la permanenza in Sala Controllo diagnostica e acquisizione, Camera Pulita, Vestibolo Camera Pulita, non sono sottoposti a limitazioni per quanto riguarda la protezione dalle radiazioni ionizzanti, in tutte le fasi di lavoro.

V - SORVEGLIANZA FISICA INDIVIDUALE

- 1) I responsabili delle attività con rischio di esposizione da radiazioni ionizzanti (dirigenti, capigruppo, preposti, etc.) devono preventivamente compilare la scheda di radioprotezione per



tutto il personale che intendono adibire a tali attività. Sulla base delle informazioni contenute nella scheda di radioprotezione, l'Esperto di Radioprotezione provvede ad effettuare la classificazione di radioprotezione dei lavoratori e stabilisce gli eventuali dosimetri individuali da usare. I responsabili delle attività in parola devono provvedere ad aggiornare le schede di radioprotezione ogniqualvolta intervengano variazioni nelle notizie in esse riportate.

- 2) I lavoratori esposti, di cui all'art. 7 comma 1 del D.Lgs. 101/20, non possono iniziare la propria attività in zona controllata fino a quando il Medico Autorizzato non avrà provveduto a formulare il giudizio di idoneità al rischio specifico e fintanto che non avranno seguito il corso di formazione e informazione in materia di radioprotezione. Detto personale dovrà sottoporsi alla sorveglianza sanitaria secondo le indicazioni e la periodicità fornite dal Medico Autorizzato stesso. In caso di inadempienza, la Direzione, su segnalazione del Medico Autorizzato, provvede ad allontanare il lavoratore/lavoratrice dalle attività con rischio da radiazioni ionizzanti. È altresì un obbligo dei lavoratori/lavoratrici classificati seguire i corsi di formazione ed informazione in materia di radioprotezione e sui rischi specifici dell'impianto in parola con cadenza almeno quinquennale.
- 3) Le lavoratrici devono notificare al Datore di Lavoro il proprio eventuale stato di gravidanza non appena accertato.
- 4) I dosimetri individuali, se previsti, devono essere richiesti all'Esperto di Radioprotezione da parte dei Responsabili delle attività, prima che i lavoratori inizino le loro prestazioni in zona classificata. È compito del Responsabile delle attività verificare che il personale in parola acceda in zona classificata soltanto dopo aver ottenuto il relativo dosimetro individuale.
- 5) I dosimetri individuali devono essere indossati all'altezza del petto, salvo diversa indicazione dell'Esperto di Radioprotezione. Si consiglia in linea di massima di attaccarli al bavero del camice o di altro indumento o nel taschino della giacca. Si ricordano inoltre le seguenti norme: i dosimetri, al termine del lavoro, devono essere riposti nelle apposite bacheche; non devono mai essere lasciati sui tavoli o altrove; non devono essere scambiati con quelli di altre persone o essere usati per scopi diversi da quelli per cui sono stati assegnati; il loro eventuale smarrimento deve essere immediatamente comunicato all'Esperto di Radioprotezione e al Servizio FISMEL.

In base alla valutazione preventiva dell'Esperto di Radioprotezione, per il personale coinvolto nelle attività di ricerca, sviluppo, collaudo e manutenzione dell'impianto FLAME è prevista la classificazione



di lavoratori “non esposti”. Pertanto, non è previsto l’uso del dosimetro individuale. Un cambiamento di classificazione potrebbe aversi solo in caso elevati livelli di attivazione, peraltro non previsti.

VI- NORME GENERALI

- 1) Il Responsabile del Laboratorio FLAME e il Responsabile della Divisione Acceleratori devono provvedere affinché le prove di collaudo e l’esercizio dell’impianto si svolgano nel rispetto delle presenti norme.
- 2) Il Responsabile del Laboratorio FLAME, il Responsabile della Divisione Acceleratori, i Responsabili dei Servizi, i capigruppo - o comunque tutti coloro per i quali sia configurabile la figura giuridica di "preposto", oltre a quanto indicato nel precedente punto V.1 - devono aver cura che le persone appartenenti al loro gruppo facciano uso dei prescritti dosimetri negli ambienti di lavoro dove questi sono obbligatori. Devono inoltre assicurarsi che dette persone siano edotte del rischio specifico da radiazioni ionizzanti cui sono esposte, conoscano le presenti norme, con particolare riferimento al significato delle segnalazioni (quadri e segnalazioni luminose) e siano in grado di usare correttamente i pulsanti di emergenza. Le persone che non si trovino in tali condizioni possono frequentare le zone classificate soltanto se accompagnate e sentito l’Esperto di Radioprotezione ed il servizio di Fisica Sanitaria.
- 3) Il Responsabile del Laboratorio FLAME, il Responsabile della Divisione Acceleratori, i responsabili dei Servizi, i capigruppo, o comunque tutti coloro per i quali sia configurabile la figura giuridica di "preposto", devono assicurare ai lavoratori esterni, incaricati di compiti rientranti nel proprio campo di attività, tutto quanto previsto nel precedente punto 2) a proposito di lavoratori subordinati.
- 4) In caso di incidenti di qualsiasi tipo deve esserne dato immediatamente avviso al Datore di Lavoro, all'Esperto di Radioprotezione e all’RSPP.
- 5) Eventuali superamenti dei limiti di dose saranno comunicati al Medico Autorizzato e al Direttore dei LNF, per i provvedimenti di competenza, nonché agli stessi interessati e alle Organizzazioni Sindacali.
- 6) Tutto il personale è tenuto ad osservare le presenti norme. La responsabilità per eventuali danni conseguenti ad inosservanza delle stesse ricade, a tutti gli effetti, sugli inadempienti. Il personale è tenuto altresì ad attenersi a ogni altra disposizione del Responsabile del Laboratorio FLAME



per l'accesso nel Laboratorio stesso e all'obbligo dell'uso dei dosimetri personali eventualmente assegnati.

- 7) Fatto salvo quanto già previsto in materia di compiti e responsabilità delle presenti norme, il personale del Servizio di Fisica Sanitaria e Medicina del lavoro è autorizzato a vigilare circa la corretta applicazione delle norme stesse.
- 8) Le presenti norme sostituiscono, a tutti gli effetti, qualsiasi precedente disposizione in materia.

Frascati, 03 Aprile 2026

Dr. Federico Chiarelli
Esperto di Radioprotezione

Dr.ssa Raffaella Donghia
Esperto di Radioprotezione

Dr.ssa Maria Pia Anania
Responsabile del laboratorio Flame

Dr.ssa Paola Gianotti
Direttrice dei LNF