



Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie,  
l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile

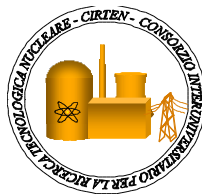


*Ministero dello Sviluppo Economico*

## RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Progetto preliminare del laboratorio di caratterizzazione radiologica  
mediante tecniche di analisi non distruttive

*N. Cherubini, A. Compagno, A. Dodaro, L. Silvi*



PROGETTO PRELIMINARE DEL LABORATORIO DI CARATTERIZZAZIONE RADIOLOGICA  
MEDIANTE TECNICHE DI ANALISI NON DISTRUTTIVE

N. Cherubini ENEA, A. Compagno, A. Dodaro ENEA, L. Silvi

Settembre 2010

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Area: Produzione e fonti energetiche

Tema: Nuovo Nucleare da Fissione

Responsabile Tema: Stefano Monti, ENEA

## Titolo

**Progetto Preliminare del Laboratorio di  
Caratterizzazione Radiologica mediante  
Tecniche di Analisi Non Distruttive**

## Descrittori

Tipologia del documento: **Rapporto Tecnico**  
Collocazione contrattuale: **Accordo di Programma ENEA-MSE**  
Argomenti trattati: **Caratterizzazione Rifiuti Radioattivi**

## Note

Autori: N. Cherubini, A. Compagno, A. Dodaro, L. Silvi

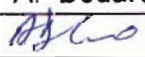
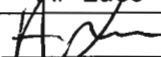
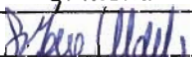
*Lavoro svolto in esecuzione della linea progettuale LP4 Task B dell'AdP ENEA-MSE*

*Tema di ricerca: "Nuovo nucleare da fissione"*

*Tema: B.2. "Progetto preliminare del laboratorio di caratterizzazione radiologica mediante tecniche di analisi non distruttive"*

Copia n.

In carico a:

2			NOME			
			FIRMA			
1			NOME			
			FIRMA			
0	EMISSIONE	14.5.2010	NOME	A. Dodaro	A. Luge	S. Monti
			FIRMA			
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDAZIONE	CONVALIDA	APPROVAZIONE	

<i>PREMESSA</i> .....	4
<i>1. GENERALITÀ SUL LABORATORIO</i> .....	4
<i>2. DESCRIZIONE DEL SITO CIRCOSTANTE IL LABORATORIO</i> .....	5
2.1. Descrizione del sito .....	5
2.2. Caratteristiche generali del sito .....	5
<i>3. DESCRIZIONE DEL LABORATORIO</i> .....	6
3.1. Descrizione dell'edificio .....	6
3.2. Descrizione generale del Laboratorio .....	7
3.3. Descrizione dei locali. ....	8
<i>4. CRITERI GENERALI DI PROGETTO</i> .....	13
4.1. Generalità .....	13
4.2. Obiettivi di Sicurezza .....	13
4.2.1. Limiti di Dose .....	13
4.2.2. Analisi di Sicurezza .....	14
4.2.3. Funzioni di Sicurezza .....	14
4.2.4. Criteri generali d'affidabilità .....	15
4.2.5. Livelli di qualità .....	15
4.2.6. Classificazione sismica .....	15
4.3. Criteri Generali Di Protezione Radiologica .....	15
<i>5. CARATTERISTICHE DEL MATERIALE DETENUTO E/O MANIPOLATO</i> .....	17
5.1. Materiale in forma sigillata .....	17
<i>6. DESCRIZIONE DI IMPIANTI E SISTEMI RILEVANTI</i> .....	18
6.1. Sistema di Rivelazione ed Estinzione Incendi .....	18
6.2. Sistema di Contenimento Statico .....	19
6.3. Sistema di Contenimento Dinamico: Ventilazione e Condizionamento .....	20
6.4. Sistema Elettrico e Strumentale .....	21
6.5. Sistema di Monitoraggio Radiometrico .....	22
6.6. Sistema di Controllo degli Accessi .....	24
6.7. Sistema di Controllo e/o Allarme .....	24
6.8. Sistema di trasporto dell'azoto liquido .....	24
6.9. Sistema di trasferimento dei fusti contenenti rifiuti radioattivi .....	25
6.10. Altri Sistemi .....	25
<i>7. GESTIONE, RACCOLTA, DEPOSITO E/O TRATTAMENTO, ALLONTANAMENTO DEI RIFIUTI RADIOATTIVI</i> .....	26
7.1. Modalità di raccolta ed allontanamento dei rifiuti liquidi .....	26
7.2. Modalità di raccolta ed allontanamento dei rifiuti solidi .....	26
<i>8. DESCRIZIONE DELLE MANIPOLAZIONI CHE SI PREVEDE DI COMPIERE SUL MATERIALE RADIOATTIVO</i> .....	27
8.1 Caratterizzazione di materiali contenenti radioisotopi .....	27

9. ANALISI DI SICUREZZA.....	29
9.1. Generalità .....	29
9.2. Valutazioni di Dose ai Lavoratori e alla Popolazione in Condizioni Normali.....	30
9.3. Analisi Incidentale e Valutazioni di Dose ai Lavoratori e alla Popolazione in condizioni incidentali.....	30
10. ORGANIZZAZIONE E CLASSIFICAZIONE DEL PERSONALE.....	31
11. BUDGET NECESSARIO E TEMPISTICA PREVISTA.....	32
12. ITER AUTORIZZATIVO.....	32
RINGRAZIAMENTI.....	32
BIBLIOGRAFIA .....	33
Allegato 1.....	34

Laboratorio di Caratterizzazione Radiologica mediante Tecniche di Analisi Non Distruttive: planimetria generale, sezioni e prospetti.

## PREMESSA

Una adeguata progettazione del sito di smaltimento, temporaneo o definitivo, dei residui radioattivi condizionati obbliga gli organi ad esso preposti ad essere a conoscenza delle caratteristiche chimico – fisiche e del grado di rischio radiologico associato ai rifiuti, il che implica l'uso di dati provenienti dalle operazioni di caratterizzazione.

La Caratterizzazione dei Rifiuti Radioattivi è uno degli elementi fondamentali della gestione dei rifiuti stessi, per motivi quali valutazioni di sicurezza durante le fasi di trasporto o durante l'immagazzinamento, determinazione di metodi di trattamento e condizionamento dei rifiuti, nonché miglioramento della qualità dei controlli durante le suddette operazioni.

Infine, una corretta gestione dei rifiuti radioattivi che tenga conto delle necessarie salvaguardie di protezione sanitaria e di tutela dell'ambiente pone l'esigenza della definizione e della classificazione dei rifiuti radioattivi, nonché quella della determinazione legale di limiti al di sotto dei quali i rifiuti possono essere allontanati incondizionatamente senza vincoli sulla destinazione o limitazioni al loro eventuale riutilizzo.

L'obiettivo del presente documento è la progettazione preliminare del Laboratorio di Caratterizzazione Radiologica dei rifiuti radioattivi mediante Tecniche di Analisi Non Distruttive, di categoria A secondo il D. Lgs. 230/95. Il Laboratorio potrebbe far parte delle infrastrutture tecnologiche pertinenti al **Deposito Definitivo dei rifiuti radioattivi di II Categoria e Temporaneo dei rifiuti radioattivi di III Categoria** con l'obiettivo di conferire al sito le caratteristiche globali di un "Parco Tecnologico", sede di attività tecnico-scientifiche qualificate.

La creazione di un Parco Tecnologico, in cui alla localizzazione del Deposito Nazionale è associata quella di altre infrastrutture in grado di contribuire allo sviluppo ed alla valorizzazione economica e sociale di un'area, risponde all'esigenza di favorire l'acquisizione del consenso all'insediamento da parte di Amministrazioni e popolazioni locali.

## 1. GENERALITÀ SUL LABORATORIO

Il compito istituzionale affidato al Laboratorio è quello della caratterizzazione radiologica dei manufatti condizionati pervenuti al deposito, non caratterizzati o per controllo, per la determinazione e la quantificazione dei radionuclidi emettitori in essi presenti. Il Laboratorio di Caratterizzazione Radiologica mediante Tecniche di Analisi Non Distruttive effettua tale caratterizzazione lasciando il campione da caratterizzare così come è stato prodotto, senza alcuna alterazione fisica o chimica apprezzabile.

La caratterizzazione avviene tramite la rivelazione della radiazione gamma o neutronica emessa spontaneamente dal campione o ivi indotta mediante una sorgente esterna.

Il Laboratorio dovrà essere equipaggiato con adeguata strumentazione per la caratterizzazione radiologica di manufatti, contenenti rifiuti solidi radioattivi, su colli chiusi, senza manipolazione diretta del materiale radioattivo.

La suddetta strumentazione effettuerà:

- *Caratterizzazione mediante spettrometria  $\gamma$  con sistemi a scansione*, per la misura del contenuto dei radionuclidi  $\gamma$ -emettitori;

- *Caratterizzazione mediante sistema tomografico*, per la ricostruzione tridimensionale della distribuzione di densità e di attività del contenuto dei manufatti da caratterizzare;
- *Caratterizzazione mediante sistemi neutronici attivi e passivi*, per la misura del contenuto dei radionuclidi  $\alpha$  emettitori, materiali fissili e fertili.

I manufatti verranno introdotti nel laboratorio tramite piattaforme di carico ed inviati al deposito o ad altri laboratori dopo la caratterizzazione tramite piattaforme di scarico.

Il trasporto del manufatto all'interno del laboratorio e tra i vari sistemi di misura avverrà per mezzo di un muletto robotizzato e ausiliato da una pinza meccanica che provvederà al trasferimento del manufatto da un sistema di spettrometria gamma ad un altro. Un carroponete invece consentirà il trasporto di oggetti pesanti e difficilmente trasportabili mediante muletto, quali ad esempio massetti in cemento (attraverso cui si edificano barriere protettive all'interno dell'area di lavoro) e parti ingombranti costituenti la strumentazione.

Il Laboratorio sarà suddiviso in Zona Sorvegliata, all'interno della quale si prevede l'installazione di una sala controllo, e Zona Controllata, entro cui si esegue la caratterizzazione vera e propria del manufatto.

Gli ambienti del Laboratorio saranno progettati con depressioni crescenti per favorire ingresso di aria non contaminata ed evitare fuoriuscita di aria contaminata in caso di incidente.

Il Laboratorio deve essere dotato dei seguenti sistemi essenziali:

- Ventilazione e condizionamento locali;
- Allarme antincendio;
- Monitoraggio radiazioni;
- Illuminazione di emergenza;
- Rete informatica locale (LAN) con adeguato numero di punti di connessione;
- Distribuzione Azoto liquido;
- Distribuzione Gas Argon;
- Distribuzione Aria Compressa;
- Distribuzione dell'acqua di tipo potabile a pressione di distribuzione stabilizzata;
- Raccolta e gestione dell'acqua reflua;
- Rete di alimentazione elettrica trifase e monofase;
- Alimentazione sotto inverter per quei componenti che devono essere alimentati in modo continuo;
- Gruppi elettrogeni che entrino in funzione in caso di mancata alimentazione di energia elettrica in modo da assicurare la continuità di lavoro.

## **2. DESCRIZIONE DEL SITO CIRCOSTANTE IL LABORATORIO**

### *2.1. DESCRIZIONE DEL SITO*

Nella descrizione del sito vanno dati i riferimenti amministrativi (comune, provincia) dell'area dove si pensa di progettare il Laboratorio. Vanno inoltre date le coordinate geografiche di riferimento, l'estensione del sito ed una breve descrizione dell'area intorno al sito

## 2.2. CARATTERISTICHE GENERALI DEL SITO

La descrizione delle caratteristiche generali del sito, al di là della scelta dello stesso, dovrà seguire la traccia di cui sotto.

- Inquadramento geologico: breve descrizione della geologia del suolo sul quale viene realizzato il laboratorio;
- Inquadramento meteorologico: breve descrizione delle condizioni meteorologiche dell'area sul quale viene realizzato il laboratorio;
- Inquadramento idrologico: descrizione accurata della idrologia dell'area sulla quale viene realizzato il laboratorio;
- Inquadramento demografico: breve descrizione della demografia afferente al sito dove insiste il laboratorio;
- Uso del territorio: descrizione delle caratteristiche merceologiche della zona circostante al laboratorio.

Gli aspetti sitologici dell'insediamento, ed in particolare le caratteristiche fisiche ed antropiche che dovrà avere il sito del Laboratorio, sono funzionali alle esigenze di sicurezza nucleare e radioprotezione che deve soddisfare il Deposito Nazionale, in particolare il sistema di deposito definitivo dei rifiuti di II Categoria, qualora il Laboratorio facesse parte del Parco Tecnologico.

Le infrastrutture tecniche convenzionali del Parco (impianti e/o laboratori di ricerca) non richiedono per la loro localizzazione l'applicazione di criteri sitologici particolari, come avviene invece per il sistema costituito dal Deposito Nazionale dei Rifiuti Radioattivi di II Categoria. Per quest'ultimo si deve infatti garantire, come visto in precedenza, il mantenimento delle condizioni di sicurezza nucleare e radioprotezione per periodi secolari, allo scopo di consentire il decadimento della radioattività associata ai rifiuti fino a livelli non pericolosi per l'uomo e per l'ambiente. Ne deriva la necessità di tener conto dell'evoluzione dei fattori fisici ed antropici per periodi corrispondenti. Pertanto, la scelta del sito per l'intero complesso del Centro sarà pilotata dai criteri sitologici di tipo nucleare e radioprotezionistico.

## 3. DESCRIZIONE DEL LABORATORIO

### 3.1. DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO

Il Laboratorio di Caratterizzazione Radiologica mediante Tecniche di Analisi Non Distruttive sarà situato in un edificio ad un solo piano, la cui superficie coperta è di circa 2100 m<sup>2</sup> per un volume complessivo di circa 16000 m<sup>3</sup>.

Sia la struttura sia la piattaforma di appoggio saranno in cemento armato mentre il sovrastante solaio di copertura sarà realizzato in cemento armato e laterizi.

L'altezza dei locali varierà da 3.0 m (Zona Fredda e Sorvegliata, Zona Controllata fuori Laboratorio) a 9.0 m (Zona Controllata, Sala Laboratorio).

I pavimenti devono essere interamente ricoperti con superfici decontaminabili resistenti al calpestio e alle necessità operative del Laboratorio; tali superfici devono essere riportate anche sulle pareti circostanti per un'altezza di 10-20 cm.

Analogamente le pareti e i soffitti dei locali devono essere rivestiti con vernice epossidica decontaminabile.

Tutte le porte della Zona Controllata e quelle di comunicazione con l'esterno devono essere metalliche, ricoperte con vernice decontaminabile.

Le porte che delimitano un compartimento antincendio devono essere porte resistenti al fuoco di classe REI 120.

Le porte, che mettono in comunicazione il Laboratorio con l'esterno attraverso un SAS, devono essere apribili solo dall'interno e dotate di maniglione antipánico che ne facilita l'apertura in caso di incidente.

L'edificio dovrà, comunque, rispondere ai requisiti di sicurezza necessari per la progettazione e realizzazione di un Laboratorio di Categoria A ai sensi del Decreto Legislativo 230/1995 modificato dal 187/2000 e dal 241/2000.

L'edificio dovrà inoltre essere progettato e realizzato nel rispetto delle vigenti leggi in termini di costruzioni in calcestruzzo armato, ed in particolare del D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche sulle Costruzioni".

### 3.2. DESCRIZIONE GENERALE DEL LABORATORIO

Dal punto di vista radiologico, il Laboratorio sarà suddiviso al suo interno in tre zone distinte:

1. **Zona Fredda:** in questa zona devono essere svolte attività che non comportano l'utilizzo di sostanze radioattive e pertanto in essa non è assolutamente presente alcun tipo di radionuclide.
2. **Zona Sorvegliata:** la Zona Sorvegliata costituisce una zona, in cui è possibile superare i limiti per la popolazione imposti dal Decreto Legislativo 230/95 e smi. Nella Zona Sorvegliata, analogamente a quella fredda, non possono essere svolte attività che comportino l'utilizzo di sostanze radioattive, quindi è da escludere qualsiasi pericolo di contaminazione o di irraggiamento che avvenga a causa della manipolazione di queste sostanze.
3. **Zona Controllata:** in questa zona si svolgono le attività che comportano l'uso o la manipolazione di sostanze radioattive, la qual cosa comporta la presenza del rischio di contaminazione o irraggiamento.

Il personale che lavora contemporaneamente all'interno del Laboratorio non deve superare le 10-15 unità, per problemi logistici.

La progettazione del Laboratorio verte sulla necessità di mantenere, quanto più possibile, locali aperti e funzionali, senza angoli morti.

Dall'ingresso del Laboratorio si entra in una sala accoglienza in prossimità della quale sono situati uffici per il personale dipendente e i servizi igienici. La sala di ingresso comunica con un magazzino in cui si prevede siano stoccati materiali e attrezzature necessari per il corretto funzionamento del Laboratorio (guanti, sovrascarpe, camici non utilizzati precedentemente).

Dalla sala di ingresso si accede ad uno spogliatoio munito di armadi ed infrastrutture per il cambio degli indumenti degli operatori.

Una barriera fisica separa la Zona Fredda dalla Zona Sorvegliata e Controllata. In prossimità di essa deve essere sistemata una rastriellera porta dosimetri per gli operatori che operano nel Laboratorio. Oltre la barriera si accede allo spogliatoio "caldo", dotato di armadi per il personale operativo, di lavandini a scarichi controllati e monitori mani-piedi per il controllo della contaminazione all'ingresso ed all'uscita della Zona Controllata.

Una doppia porta consente l'ingresso al Laboratorio: si tratta di un SAS a due porte ad apertura alternata, che assicura il mantenimento delle depressioni crescenti verso le aree a rischio radiologico. L'apertura alternata delle porte viene gestita tramite un circuito ad aria compressa. Nello spazio posto tra le due porte deve essere inserita una doccia di decontaminazione a scarico controllato: il percorso è studiato in modo da evitare al personale eventualmente contaminato il ritorno in zone precedentemente attraversate.

Dalla zona di ingresso si ha accesso anche alla Sala Controllo, la quale ospita i sistemi hardware e software che gestiscono gli strumenti di misura per la caratterizzazione radiologica dei rifiuti radioattivi, nonché gli allarmi del sistema antincendio e del sistema di filtraggio dell'aria. Una parete costituita di vetro al piombo, separa fisicamente la Sala Controllo dalla Sala Laboratorio per il controllo visivo della strumentazione.

La Sala Controllo si trova in Zona Sorvegliata per facilitare la gestione della strumentazione: l'operatore deve obbligatoriamente essere dotato di dosimetro personale.

La Sala Laboratorio sarà occupata dalle strumentazioni utilizzate per la caratterizzazione. All'interno di questa area si prevede anche un deposito (magazzino) per le sorgenti sigillate di taratura.

L'ingresso e l'uscita dei fusti avviene attraverso ulteriori SAS a due porte ad apertura alternata adeguatamente allarmati.

Esternamente all'edificio Laboratorio è ubicato il serbatoio contenente l'azoto liquido e le bombole di Argon per il corretto funzionamento dei monitori mani-piedi. Serbatoio e bombole sono all'interno di una gabbia chiusa.

Dalla Sala Laboratorio si accede alla Sala Macchine, posta quindi in Zona Controllata.

### 3.3. DESCRIZIONE DEI LOCALI.

#### 3.3.1 Sala Ingresso e Corridoio (1).

I locali di accesso al Laboratorio sono situati in Zona Fredda. Le pareti sono comunque rivestite di vernice decontaminabile e i pavimenti ricoperti di materiale plastico, anch'esso decontaminabile.

#### 3.3.2 Uffici (2).

In questi locali sono stati previsti alcuni uffici per il personale dipendente del Laboratorio.

#### 3.3.3 Sala Accoglienza (3).

La Sala Accoglienza è un locale, situato in Zona Fredda, adibito a ufficio per operatori della Fisica Sanitaria per il controllo e la registrazione degli ingressi e delle uscite del personale dipendente e di eventuali ospiti del Laboratorio.

In questo locale devono essere disposti armadi per la custodia dei soprabiti dei visitatori, che devono essere lasciati prima dell'ingresso nello spogliatoio tiepido.

#### 3.3.4 Servizi, Docce e Spogliatoio Freddo (4).

In questi locali sono stati previsti servizi igienici e docce per il personale dipendente del Laboratorio, fisicamente separati per il personale maschile e femminile.

Lo spogliatoio freddo affaccia sul corridoio freddo e come questo deve avere le pareti e i pavimenti rivestiti con materiale decontaminabile.

### 3.3.5 *Magazzino freddo (5).*

Locale adibito all'immagazzinamento di materiale non contaminato da utilizzarsi in Zona Controllata (guanti in neoprene, sacchi in PVC o polietilene, parti di ricambio di componenti di impianto).

Le pareti e i pavimenti devono essere rivestiti di materiale decontaminabile.

### 3.3.6 *Officina (6).*

Questo locale è adibito ad officina meccanica per le piccole riparazioni urgenti. Qualora le riparazioni fossero relative a elementi provenienti dalla Zona Controllata, esse potranno essere eseguite in Officina solo dopo il controllo della dose e della contaminazione superficiale da parte degli operatori della Radioprotezione Operativa.

### 3.3.7 *Sala Macchine e filtri (7).*

L'accesso alla Sala Macchine è stato previsto dall'interno della Sala Laboratorio (locale 17).

In questo locale, classificato come Zona Controllata, devono essere installati i banchi filtranti dell'aria proveniente dai locali del Laboratorio. I banchi filtranti devono essere almeno due, uno di riserva all'altro, e devono essere costituiti da prefiltri e filtri assoluti.

In questo locale devono essere altresì installati almeno due ventilatori (uno di riserva all'altro) dell'impianto di estrazione dell'aria dai locali del Laboratorio. L'aria, dopo aver attraversato i prefiltri ed i filtri assoluti, viene espulsa dai ventilatori nell'atmosfera attraverso il camino.

In questo locale è installato anche l'impianto di ventilazione a circolazione forzata con circuito di mandata e di ripresa, con lo scopo di mantenere i locali in depressione rispetto all'esterno. L'impianto deve comprendere il sistema di trattamento e condizionamento dell'aria in ingresso al laboratorio. Sono presenti nel locale anche i quadri elettrici di alimentazione e controllo dei sistemi di ventilazione di mandata e ripresa aria locali, nonché la strumentazione di controllo della ventilazione ed il gruppo di compressione dell'aria strumenti.

Le pareti e i pavimenti devono essere rivestiti di materiale decontaminabile.

### 3.3.8 *Sala Controllo (8).*

La Sala Controllo, posta in Zona Sorvegliata, ospiterà sistemi informatici dotati di software in grado di analizzare ed elaborare i segnali ricevuti dalle strumentazioni di misura, oltre a quelli che gestiscono i servomeccanismi associati alle tecniche di analisi a scansione gamma e tomografia. Ogni computer deve essere collegato alla linea Inverter per evitare l'interruzione dell'analisi dei dati in caso di mancanza di alimentazione di energia elettrica.

Specifiche apparecchiature consentono la gestione delle manovre del sistema di trasporto dei fusti contenenti rifiuti radioattivi con lo scopo di evitare un'eccessiva esposizione degli operatori. In particolare si potrà gestire dalla Sala Controllo: il carro ponte, la pinza meccanica e il muletto per il quale dovrà essere prevista una programmazione preliminare. Una parete di vetro al piombo separerà questo locale dalla Sala Laboratorio per consentire agli operatori di prendere visione di tutte le operazioni che si stanno eseguendo.

Nella Sala Controllo devono essere inseriti anche gli allarmi relativi ai sistemi di ventilazione e monitoraggio dell'ambiente e la centralina del sistema antincendio. E'

inoltre presente un dispositivo mediante cui si possono commutare gli allarmi dalla Sala Controllo del Laboratorio ad una sala controllo gestita dalla vigilanza esterna. Lo stesso dispositivo consente di mettere il sistema in modalità locale durante il normale orario di lavoro.

Le pareti e i pavimenti devono essere rivestiti di materiale decontaminabile.

### *3.3.9 Spogliatoio Caldo (9).*

Il passaggio dalla Zona Fredda alla Zona Sorvegliata è delimitato da una barriera fisica, che consente il passaggio nello spogliatoio caldo dopo aver indossato calzature da lavoro in Zona Controllata o sovrascarpe in caso di visitatori o operatori occasionali.

In questo spogliatoio devono essere presenti armadi per la custodia del vestiario da indossare per le attività in Zona Controllata.

Devono, altresì, essere presenti due monitori mani e piedi per il controllo di tutti coloro che abbandonano il Laboratorio prima dell'attraversamento della barriera verso la Zona Fredda.

Le pareti e i pavimenti devono essere rivestiti di materiale decontaminabile.

### *3.3.10 Laboratorio Radioprotezione Operativa (RPO) (10).*

A questo locale si accede una volta oltrepassata la barriera fisica che separa la Zona Fredda da quella Sorvegliata. Il locale si trova infatti in Zona Sorvegliata. In esso devono essere presenti gli allarmi del sistema di monitoraggio radiologico, che saranno duplicati anche presso la Sala Controllo. Tutti i sensori devono essere connessi ad un'unità di supervisione installata nel locale RPO; detta unità di supervisione deve consentire la gestione remota dei sensori, l'acquisizione dei dati di monitoraggio, l'interfacciamento con il sistema di controllo e l'invio di segnali a postazioni continuamente presidiate. E' un laboratorio dedicato solo alle analisi fisiche di radioprotezione da eseguire su filtri di campionamento e dosimetri personali ed ambientali. Si prevede inoltre di effettuare una serie di campionamenti (con periodicità da definire) all'interno del Laboratorio, in particolare su pareti, pavimenti e superfici di lavoro, al fine di verificarne la contaminazione superficiale. Sarà compito del personale specializzato in fisica sanitaria effettuare le analisi su tali campioni.

Le pareti e i pavimenti devono essere rivestiti di materiale decontaminabile.

### *3.3.11 Corridoio Caldo (11).*

Locale di passaggio e di collegamento fra lo Spogliatoio Caldo e il Laboratorio di Caratterizzazione Rifiuti propriamente detto. Il Corridoio deve essere chiuso alle due estremità da due porte metalliche tagliafuoco REI 120.

Le pareti e i pavimenti devono essere rivestiti di materiale decontaminabile.

### *3.3.12 Doccia di emergenza (12).*

In questo locale deve essere presente una doccia, alimentata con acqua proveniente da un apposito serbatoio situato sopra la copertura del Laboratorio, e a scarico controllato, per la eventuale decontaminazione del personale in caso di incidente.

Le pareti e i pavimenti devono essere rivestiti di materiale decontaminabile.

### *3.3.13 Piattaforma di Scarico Rifiuti Radioattivi (13).*

In questa zona deve avvenire lo scarico dei rifiuti radioattivi da caratterizzare e classificare nel rispetto della Guida Tecnica n. 26.

#### *3.3.14 Air-lock ingresso fusti (14).*

L'ingresso dei rifiuti radioattivi da caratterizzare e classificare deve avvenire attraverso questo locale, che serve anche come uscita di sicurezza per il personale. Le pareti e i pavimenti devono essere rivestiti di materiale decontaminabile.

#### *3.3.15 Laboratorio Taratura e Ricerca e Sviluppo (15).*

Si prevede una zona, all'interno della Sala Laboratorio, a basso fondo e quindi adeguatamente schermata in cui eseguire le necessarie operazioni di taratura e dove vengono posizionati i sistemi di misura portatili (ISOCS e Imaging gamma).

Il locale può essere impiegato per attività di ricerca e sviluppo nell'ambito delle tecniche di misura non distruttive per la caratterizzazione radiologica dei rifiuti radioattivi e materiali nucleari.

Si prevede, infatti, di realizzare, in questo locale, il prototipo del sistema di misura integrato ottimizzato per le esigenze di classificazione dei rifiuti.

#### *3.3.16 Magazzino Sorgenti (16).*

In questo locale deve essere detenuto, in armadi metallici chiusi a chiave o in cassaforti di sicurezza, tutti i materiali nucleari e le sorgenti radioattive di taratura in dotazione al Laboratorio per il corretto funzionamento di tutta la strumentazione.

Il locale deve essere munito di porta metallica con serratura di sicurezza e con dispositivo di rivelazione antintrusione, il cui segnale di allarme è riportato in Sala Controllo.

Le pareti e i pavimenti devono essere rivestiti di materiale decontaminabile.

#### *3.3.17 Laboratorio Caratterizzazione Rifiuti Radioattivi mediante Tecniche Non Distruttive (17).*

Il Laboratorio propriamente detto ospita una serie di strumenti che consentono di eseguire la caratterizzazione radiologica dei rifiuti radioattivi mediante tecniche di analisi non distruttiva. In prossimità dell'air-lock di entrata dei fusti deve essere prevista una zona di stoccaggio temporaneo pre-analisi, mentre in prossimità dell'air-lock di uscita dei fusti ci sarà una zona di stoccaggio temporaneo post-analisi.

Il Laboratorio sarà munito dei seguenti principali sistemi di misura:

- sistemi di radiografia digitale;
- sistemi di spettrometria gamma a scansione;
- sistemi di tomografia gamma;
- sistemi di rivelazione neutronica attiva e passiva;
- sistema di imaging gamma;
- sistemi di spettrometria gamma in situ.

Per la descrizione dettagliata dei suddetti sistemi di misura si rimanda al documento FPN-LP4-003: "Attività relative alla Caratterizzazione dei Rifiuti Radioattivi da conferire al Sito di Smaltimento e di Deposito".

In una prima fase di esercizio del Laboratorio i sistemi di rivelazione neutronica saranno quelli presenti sul mercato internazionale. Parallelamente il Laboratorio si

impegnerà per la realizzazione di un sistema innovativo integrato che implementi le diverse analisi di misura non distruttive al fine di per consentire la corretta discriminazione e classificazione di tutti i rifiuti radioattivi.

Le pareti e i pavimenti devono essere rivestiti di materiale decontaminabile.

#### *3.3.18 Locale Tecnico Generatore di Neutroni (o Acceleratore di elettroni) (18).*

Questo locale è stato inserito al fine di posizionare gli strumenti hardware e software per la gestione del sistema di misura neutronico attivo passivo.

Le pareti e i pavimenti devono essere rivestiti di materiale decontaminabile.

#### *3.3.19 Locale Sistema Neutronico Attivo/Passivo (19).*

In questo locale deve essere situato il sistema neutronico attivo/passivo per la determinazione del materiale fissile e fertile presente nel manufatto da caratterizzare. Le pareti del locale dovranno garantire lo schermaggio dalla sorgente di neutroni o elettroni (generatore di neutroni o acceleratore lineare di elettroni) necessaria per il sistema di misura attivo.

Le pareti e i pavimenti devono essere rivestiti di materiale decontaminabile.

#### *3.3.20 Air-lock uscita fusti (20).*

L'uscita dei rifiuti radioattivi caratterizzati e classificati secondo al Guida Tecnica n. 26 deve avvenire attraverso questi locali, che serve anche come uscita di sicurezza per il personale.

Le pareti e i pavimenti devono essere rivestiti di materiale decontaminabile.

#### *3.3.21 Piattaforma di Carico Rifiuti Radioattivi (21).*

In questa zona deve avvenire il carico dei rifiuti radioattivi caratterizzati e classificati secondo la Guida Tecnica n. 26, da inviare al Deposito propriamente detto.

#### *3.3.22 Camino di espulsione aria (22).*

L'aria proveniente dai ventilatori di ripresa locali deve essere espulsa dal camino, avente altezza e diametro adeguatamente calcolati in fase progettuale.

#### *3.3.23 Locale Serbatoi Azoto Liquido e Argon (23).*

In questo locale devono essere inseriti i serbatoi per l'Azoto liquido necessario per il corretto funzionamento dei sistemi di spettrometria gamma.

Nello stesso locale sono stati previsti le bombole di Argon per il corretto funzionamento del monitor mani e piedi.

In Allegato 1 è riportata la planimetria generale, con le relative sezioni e i prospetti, del Laboratorio di Caratterizzazione Radiologica mediante Tecniche di Analisi Non Distruttive.

## 4. CRITERI GENERALI DI PROGETTO

### 4.1. GENERALITÀ

I criteri generali di progetto e la normativa adottati per la progettazione e realizzazione del Laboratorio saranno ulteriormente elaborati dal progettista incaricato sulla base delle indicazioni della legislazione vigente, e delle esigenze degli utenti del laboratorio.

In particolare vanno definiti i criteri generali che dovranno essere adottati allo scopo di assicurare la protezione radiologica degli addetti alle operazioni e della popolazione durante tutte le fasi di vita dell'installazione, in condizioni di normale funzionamento, nel corso delle manutenzioni ordinarie e straordinarie, e in seguito agli incidenti ipotizzabili.

### 4.2. OBIETTIVI DI SICUREZZA

#### 4.2.1. Limiti di Dose

Gli obiettivi di progetto in materia di sicurezza radiologica saranno espressi in termini di limiti di dose per gli operatori e l'ambiente.

I sistemi di confinamento del materiale radioattivo, di controllo della contaminazione, di gestione degli effluenti, le schermature ecc., saranno progettati in maniera da consentire il rispetto dei limiti di dose assegnati in sede di progetto.

I limiti di dose in condizioni di normale funzionamento sono stabiliti sulla base dell'esperienza operativa di laboratori simili e da un'analisi costi benefici. Essi devono essere conformi alle disposizioni di cui al DLgs 230/95 e s.m.i.. Dovrà essere comunque fatto ogni ragionevole sforzo per assicurare che i rischi creati dalla presenza di materiale radioattivo siano per quanto possibile ridotti, secondo il principio ALARA.

Saranno inoltre stabiliti i limiti di dose in condizioni incidentali che, pur nel rispetto dei limiti di legge, saranno commisurati alla gravità e alla frequenza stimata dell'incidente.

Sulla base della gravità e della frequenza stimata degli incidenti ipotizzabili è prassi definire tre categorie di eventi:

#### **Eventi di Categoria I**

Condizioni di normale funzionamento, incluse le manutenzioni programmate. Il Laboratorio si considera in condizioni normali anche in caso di brevi mancanze d'energia elettrica e fenomeni atmosferici che possono verificarsi con frequenza, quali temporali e fulmini.

#### **Eventi di Categoria II**

Condizioni incidentali lievi, quali:

- Guasti di componenti attivi (pompe, ventilatori, servomeccanismi di valvole, ecc. e di componenti del sistema di strumentazione e di controllo/comando);
- Malfunzionamenti dei sistemi di contenimento, penetrazioni, ecc.;

- Malfunzionamenti dei sistemi di controllo della pressione all'interno delle aree confinate;
- Riduzione dell'efficienza di funzionamento dei filtri degli impianti di ventilazione;
- Perdite di liquidi di piccola entità da componenti, tubazioni, serbatoi ecc.;
- Fermata dell'Impianto di Ventilazione;
- Mancanza prolungata d'energia elettrica;
- Malfunzionamenti dei sistemi ausiliari di servizio.

**Eventi di Categoria III**

Incidenti rilevanti, quali:

- Eventi esterni di origine naturale:
  - sisma di progetto;
  - tornado;
  - inondazione;
  - missili generati da eventi naturali.
- Eventi esterni di origine umana:
  - missili generati da attività umana;
- Eventi di origine interna:
  - rotture di tubazioni, serbatoi, o componenti di processo;
  - rotture di filtri;
  - allagamento di origine interna;
  - incendio ed esplosione.

Per ciascuna delle tre categorie d'evento precedentemente definite, saranno definiti gli incidenti credibili e stabiliti i limiti di dose che dovranno essere presi a riferimento per la progettazione.

#### 4.2.2. Analisi di Sicurezza

La verifica del mantenimento degli obiettivi di progetto in condizioni incidentali sarà effettuata per mezzo di un'analisi di sicurezza dell'Impianto.

#### 4.2.3. Funzioni di Sicurezza

Sistemi, strutture e componenti dedicati al conseguimento degli obiettivi di sicurezza precedentemente citati svolgono "Funzione di sicurezza". E' evidente che in un laboratorio la funzione di sicurezza di riferimento è il Contenimento della Radioattività, pertanto svolgono funzione di sicurezza tutti i sistemi che garantiscono tale contenimento.

L'assegnazione della funzione di sicurezza sarà effettuata sulla base dell'analisi di sicurezza dell'installazione, atta ad identificare i possibili guasti e valutarne le conseguenze in termini di esposizione radiologica e quindi di conseguimento degli obiettivi di sicurezza.

Le apparecchiature ed i componenti che svolgono funzione di sicurezza sono classificati in classi di sicurezza allo scopo di essere progettati, fabbricati, messi in opera e provati secondo standard di qualità commisurati alla funzione di sicurezza che essi dovranno assolvere.

#### 4.2.4. Criteri generali d'affidabilità

I requisiti di affidabilità sono stabiliti in conformità alle funzioni di sicurezza assegnate. Se necessario sulla base dell'analisi di sicurezza, i seguenti principi dovranno essere applicati, anche in combinazione, al fine di ottenere i requisiti d'affidabilità richiesti:

- Ridondanza:** Impiego di più componenti per lo svolgimento della stessa funzione, in modo da ottenere una maggiore affidabilità di funzionamento.
- Diversità:** Impiego di soluzioni diverse per espletare la stessa funzione di sicurezza.
- Indipendenza/  
Separazione:** Impiego di componenti che non hanno cause comuni di guasto o il cui guasto non compromette il funzionamento di un altro componente che svolge la stessa funzione.
- “Fail-safe”:** Il componente si pone automaticamente in una configurazione sicura in caso di guasto.

#### 4.2.5. Livelli di qualità

Per sistemi, strutture e componenti che svolgono funzione di sicurezza saranno definiti i criteri di progetto, fabbricazione e collaudo che dovranno trovare riscontro in un “Piano d'Assicurazione della Qualità”.

Il piano della qualità definirà le procedure da impiegare e le norme da seguire nel corso del progetto di dettaglio e della fabbricazione di strutture e componenti atti ad assicurare il mantenimento degli obiettivi di sicurezza per il progetto.

L'assegnazione di un livello di qualità a sistemi, componenti e strutture dell'installazione implica la sua progettazione e fabbricazione secondo procedure e normative tali da garantirne l'affidabilità richiesta di funzionamento.

#### 4.2.6. Classificazione sismica

Sistemi, strutture e componenti, se rilevanti ai fini della sicurezza, dovranno mantenere le loro funzioni in presenza del sisma di progetto. I requisiti di resistenza al sisma di progetto saranno definiti mediante l'assegnazione di una classe sismica.

### 4.3. CRITERI GENERALI DI PROTEZIONE RADIOLOGICA

Dovranno essere adottate scelte tecniche di sicurezza al fine di assicurare che l'esposizione alle radiazioni del *personale e della popolazione* sia mantenuta al livello più basso ragionevolmente ottenibile. In sintesi:

**Il contenimento del materiale radioattivo:** strutture e componenti devono essere in numero e caratteristiche (resistenza, tenuta, ecc.) tali da garantire, in condizioni normali di funzionamento, come nel corso degli incidenti ipotizzabili (che verranno individuati

dall'analisi di sicurezza) e degli eventi esterni di progetto, che gli eventuali rilasci, al loro esterno, di materiale radioattivo siano entro i limiti definiti dagli obiettivi di progetto.

**La riduzione nei luoghi di lavoro dell'intensità di dose da irraggiamento diretto (schermaggio dalle radiazioni):** il progetto delle schermature deve determinare il minimo spessore di schermatura tra le apparecchiature contenenti le sorgenti e le aree operative e d'intervento, e tra aree operative e l'esterno. Il progetto prenderà in conto il lay-out delle sorgenti, il tipo, l'intensità ed energia della radiazione e la limitazione dell'intensità di dose di esposizione in ogni area.

**La riduzione nei luoghi di lavoro dell'intensità di dose da inalazione od ingestione (controllo della contaminazione):** Le operazioni condotte nel laboratorio devono essere progettate in modo da limitare le dispersioni di materiale radioattivo. Nei locali ove esiste un rischio di contaminazione, le apparecchiature, le pareti, i pavimenti devono essere progettati in modo che non esista possibilità di accumulo di contaminazione e la decontaminazione possa essere effettuata facilmente. In tutte le aree del laboratorio le superfici saranno protette con vernici decontaminabili. La contaminazione eventualmente presente nell'aria sarà rimossa per diluizione mediante adeguati ricambi d'aria. I rischi di contaminazione di ambienti saranno valutati in condizioni normali di esercizio ed in condizioni accidentali, come conseguenza di operazioni eseguite in ciascuna area. Lo scopo di questa quantificazione sarà quello di stabilire i requisiti specifici per il sistema di ventilazione e di verificare che il progetto della ventilazione sia in accordo con i criteri di limitare la contaminazione.

**La riduzione nei luoghi di lavoro dei tempi di esposizione tramite sistemi di intervento remotizzato (remote handling):** Le operazioni che comportano alti rischi di irraggiamento, verranno eseguite mediante l'impiego di manipolatori.

**La minimizzazione delle emissioni ambientali (gestione degli effluenti):** devono essere previsti adeguati sistemi atti a ridurre in quantità ed in concentrazione la radioattività dispersa nell'ambiente insieme agli effluenti liquidi ed aeriformi, in modo da rispettare i limiti di progetto ed in conformità degli obiettivi ALARA. L'aria espulsa dal sistema di Ventilazione deve essere monitorata prima del rilascio all'atmosfera in condizioni controllate.

**Il monitoraggio del rischio radiologico:** Il progetto deve includere un adeguato sistema di monitoraggio radiologico con lo scopo di:

- mantenere sotto controllo le dosi occupazionali;
- prevenire esposizioni accidentali;
- mantenere sotto controllo i rilasci nell'ambiente.

Il programma di monitoraggio deve essere basato su:

- controlli radiometrici dell'esposizione del personale;
- monitoraggio dei livelli di radiazione nelle aree operative d'impianto;
- monitoraggio dei rilasci ambientali di materiale radioattivo.

**Il controllo degli accessi alle aree a rischio radiologico (suddivisione delle aree e controllo degli accessi):** le aree operative devono essere suddivise sulla base

dell'entità del rischio radiologico presente. Ai fini della classificazione delle aree di lavoro si adotteranno i criteri stabiliti nell'allegato III al D.Lgs n. 230/95 e s.m.i., riferiti alle dosi derivanti per i lavoratori in esse operanti, dalla normale attività lavorativa, nonché dal contributo delle esposizioni potenziali conseguenti ad eventi anomali suscettibili di aumentare le dosi dei singoli, derivanti da detta attività lavorativa programmata.

## 5. CARATTERISTICHE DEL MATERIALE DETENUTO E/O MANIPOLATO

### 5.1. MATERIALE IN FORMA SIGILLATA

Il Laboratorio di Caratterizzazione Rifiuti Radioattivi mediante Tecniche di Misura Non Distruttive deterrà esclusivamente materiale in forma sigillata. Le sorgenti radioattive in forma sigillata saranno utilizzate come standard e come sorgenti di taratura. Per ciascun radioisotopo che il Laboratorio intende detenere dovranno essere specificate la seguenti caratteristiche:

- Natura chimico/fisica della sorgente;
- Modalità di fissaggio/incapsulamento del materiale attivo nella sorgente;
- Attività specifica del radioisotopo contenuto nella sorgente;
- Attività massima delle singole sorgenti;
- Tipo di emissione particellare della sorgente;
- Indicazioni di massima delle dimensioni della sorgente;
- Rateo specifico (per MBq) di esposizione a 1 metro dalla sorgente;
- Rateo di esposizione a 1 metro dalla sorgente.

Le sorgenti devono essere contenute in appositi contenitori schermati, a loro volta custoditi in armadi metallici di sicurezza situati nel magazzino materie nucleari e sorgenti (locale 16).

Si tratta di sorgenti racchiuse ognuna in un proprio contenitore a tenuta, che ne impedisce la fuoriuscita accidentale, e che, per il loro utilizzo, non vengono manipolate. Le sorgenti che si prevede di detenere sono:

- Sorgenti radioisotopiche  $\gamma$ , per la taratura dei sistemi a spettrometria gamma;
- Sorgente  $\gamma$  come sorgente di trasmissione per il sistema di scansione e tomografia gamma;
- Sorgenti neutroniche, per la taratura del sistema neutronico attivo e passivo.

Nella Tabella 1 sono elencati i radionuclidi che si intende detenere e/o manipolare nel Laboratorio con l'indicazione dell'attività massima che si intende detenere per ogni radionuclide.

Tale attività viene messa a confronto con i valori riportati nella Tabella IX-1 nell'Allegato IX al D.Lgs 230/95 e s.m.i. Tale confronto, effettuato con le modalità riportate nel citato allegato, mette in evidenza che il Laboratorio di cui si chiede il nullaosta viene classificato in Categoria A, essenzialmente per la detenzione del materiale necessario per l'attività sperimentale.

**Tabella 1: Elenco delle Sorgenti da Detenere**

ISOTOPO	Attività Totale	D. Lgs 230/95 (art. 1 - art. 22 – art. 27)		
		ART.1	Comunicazione ART. 22	Nulla Osta Impiego Cat. A ART. 27
Co <sup>60</sup>	10 MBq	50 kBq	0.1 MBq	100 GBq
Cs <sup>137</sup>	10 MBq	10 kBq	10 kBq	10 GBq
Eu <sup>152</sup>	600 MBq	50 kBq	1 MBq	1 TBq
Ag <sup>110m</sup>	500 MBq	50 kBq	1 MBq	1 TBq
In <sup>192m</sup>	500 MBq	-	-	-
Ba <sup>133</sup>	10 MBq	-	-	-
Am <sup>241</sup>	10 GBq	5 kBq	10 kBq	10 GBq
Cf <sup>252</sup>	1 GBq	5 kBq	10 kBq	10 GBq
Pu a vari arricchimenti	10 GBq	5 kBq	10 kBq	10 GBq
U <sup>235</sup>	10 MBq	10 kBq	10 kBq	10 GBq
U <sup>238</sup>	10 MBq	10 kBq	10 kBq	10 GBq

Sarà inoltre necessario avere sorgenti neutroniche (ad es. Am-Be) di intensità compresa tra 1.000 e 100.000 n/s.

Il laboratorio sarà inoltre dotato di fusti di riferimento utilizzati per tarare gli strumenti: WPRS, Waste Package Reference Standard. Di essi si devono conoscere le caratteristiche delle matrici di cui sono costituiti, all'interno delle quali devono essere praticati una serie di fori per l'alloggiamento delle sorgenti di taratura. Le matrici previste sono:

- Cementizia;
- Metallica;
- Tecnologica;

nei due formati da 220 dm<sup>3</sup> e 380 dm<sup>3</sup>.

## 6. DESCRIZIONE DI IMPIANTI E SISTEMI RILEVANTI.

In questo capitolo si descrivono le attrezzature e i sistemi principali previsti nel Laboratorio ai fini della sicurezza e della protezione sanitaria dei lavoratori e della popolazione. Sulla base delle indicazioni qui contenute, in fase di progettazione si svilupperanno gli argomenti con un grado di approfondimento e di dettaglio commisurato, nel caso specifico, alla pertinenza ed alla rilevanza di essi ai fini della sicurezza nucleare e della protezione sanitaria del personale e della popolazione.

### 6.1. SISTEMA DI RIVELAZIONE ED ESTINZIONE INCENDI

Malgrado l'uso di criteri costruttivi e materiali non infiammabili, il rischio di incendio non può essere completamente escluso. Appositi rivelatori di fumo e sensori di temperatura

devono essere posizionati in punti sensibili dove è maggiore il rischio di incendio. La rivelazione provocherà l'emissione di segnali acustici ed ottici.

Come agenti estinguenti verranno preferiti quelli funzionanti per azione chimica, da individuare nel rispetto della vigente legislazione. Ovviamente l'impianto antincendio sarà automatizzato e collegato alla rete di alimentazione elettrica di emergenza, quindi sempre in grado di funzionare.

Ai fini della prevenzione incendi deve essere installata una rete di rivelatori automatici di incendio distribuiti opportunamente nei locali da sorvegliare delle tre zone: Controllata, Sorvegliata e Fredda.

Il circuito dei rivelatori sarà unico per tutto l'impianto ad eccezione del locale 17, dove i rivelatori saranno di due tipologie diverse (rivelatori di fumo e di gradiente di temperatura) e collegati su due linee indipendenti. I rivelatori installati negli altri locali del laboratorio saranno del tipo a fumo.

I segnali di allarme incendio, oltre ad attivare i segnali ottici ed acustici presenti all'interno del laboratorio, devono attivare automaticamente un apposito allarme incendio sul quadro di controllo del **Sala di Pronto Intervento del Centro** in cui viene realizzato il Laboratorio. Il segnale di allarme, giunto ai quadri di controllo, consentirà di individuare il locale del laboratorio da cui esso è partito, facilitando in tal modo l'intervento di personale specializzato.

Il locale 17, oltre ad essere protetto da una rete di rivelatori incendio, deve essere protetto anche da un sistema di estinzione automatico, commutabile in modalità manuale in caso di presenza di personale.

Il sistema sarà costituito da una centralina di estinzione, situata nella Sala Controllo del Laboratorio (locale 8). La centralina di estinzione, ricevuto il segnale di allarme proveniente dal Laboratorio, attiva lo spegnimento automatico solo se detto segnale proviene contemporaneamente da almeno due rivelatori di due linee diverse.

Il Laboratorio, come previsto dalla normativa di prevenzione incendi, deve essere dotato anche di apparecchi di estinzione portatili.

## 6.2. SISTEMA DI CONTENIMENTO STATICO

Il rischio di dispersione della contaminazione verso l'esterno è tanto più basso, quanto maggiore è il numero delle barriere fisiche interposte fra le sostanze radioattive e l'ambiente esterno. Il confinamento del materiale radioattivo avviene di regola con il concorso di due sistemi: il **confinamento statico** ed il **confinamento dinamico**.

**La prima barriera fisica** è costituita dal contenitore del rifiuto radioattivo o dal contenitore della sorgente.

**La seconda barriera fisica** è costituita dal locale dove i rifiuti vengono caratterizzati e classificati. Questa seconda barriera, per la presenza di porte ed attraversamenti della ventilazione, non rappresenta un contenimento stagno come il precedente.

Siccome entrambe le suddette barriere fisiche, indicate comunemente con il termine di **confinamento statico**, pur riducendo notevolmente il rischio di un'eventuale dispersione di contaminazione nell'ambiente, ne conservano tuttavia un rischio residuo, il contenimento del materiale radioattivo viene ancor più incrementato mediante l'attivazione del **confinamento dinamico**.

### 6.3. SISTEMA DI CONTENIMENTO DINAMICO: VENTILAZIONE E CONDIZIONAMENTO

Il **confinamento dinamico** deve essere ottenuto mediante l'impiego di un sistema di ventilazione che determina un gradiente di depressione, che si riduce a partire dal primo confinamento statico fino all'ambiente esterno. Tale gradiente di depressione fa sì che il flusso di aria sia sempre diretto dall'ambiente a minor pericolosità verso quello a maggior pericolosità, ovvero dalle zone esterne non classificate verso i locali in Zona Controllata.

I principali requisiti funzionali del sistema di ventilazione e di condizionamento dei locali del laboratorio sono:

- Mantenere all'interno delle aree di lavoro condizioni termoigrometriche di benessere per il personale, a mezzo di un conveniente numero di ricambi dell'atmosfera e l'immissione di aria a temperatura ed umidità controllata.
- Limitare l'esposizione del personale ad eventuali aerosol di materiali radioattivi sviluppati nel corso delle lavorazioni, realizzando flussi di aria dalle zone a minor rischio verso quelle a maggior rischi di contaminazione.
- Garantire il contenimento dinamico dell'atmosfera delle aree di operazione, potenzialmente contaminate, mantenendole in depressione rispetto all'esterno, in modo da impedire fuoriuscite incontrollate di contaminazione nell'ambiente.
- Limitare i rilasci ambientali di materiale radioattivo a mezzo di un opportuno trattamento di filtrazione dell'aria in uscita dall'edificio.
- Disperdere nell'ambiente, in condizioni controllate, l'aria effluente dall'edificio.
- Raccogliere, filtrare e convogliare al camino gli sfiati provenienti dalle apparecchiature di processo e di servizio.
- Garantire un funzionamento continuo ed automatico, provvedendo alla segnalazione di eventuali anomalie.

La ventilazione delle aree operative deve essere realizzata totalmente con aria esterna, evitando ricircoli che, in caso di malfunzionamenti, possono provocare il rischio di immissioni di aerosol o polveri radioattive nelle aree di operazione. Al fine di assicurare una più accurata distribuzione dei flussi di aria di ventilazione nei locali deve essere evitato l'uso di "fan coils" o termoconvettori; tutto il carico termico necessario per il condizionamento dei locali deve essere sostenuto dall'aria di ventilazione. In caso di mancanza di corrente di rete, deve essere previsto un allacciamento alla rete di emergenza che garantisca l'immediata ripresa dei ventilatori di mandata e di aspirazione. Devono essere previsti due ventilatori di aspirazione, uno di riserva all'altro e completamente automatizzati la cui regolazione varia a seconda del livello di depressione dell'ambiente interno.

Valori tipici dei ricambi orari e delle depressioni nei locali di laboratori adibiti alla caratterizzazione di rifiuti radioattivi sono riportati nella seguente tabella.

ZONA	RICAMBI ARIA LOCALI (Vol/h)	DEPRESSIONE LOCALI (Pa)
Fredda	1 – 4	0 – 50
Sorvegliata	4 – 8	50 – 100
Controllata	8 – 12	100 – 150

I valori dei ricambi d'aria e delle depressioni effettivi del laboratorio in questione dovranno essere calcolati nella fase di progettazione definitiva dipendentemente dalle caratteristiche costruttive e dai parametri di progetto.

Il ventilatore di mandata deve essere dotato di una serie di canalizzazioni relative ai singoli ambienti che consentono una regolazione dei parametri specifica per ogni locale (temperatura, depressione, umidità, ecc.). Ogni singola canalizzazione deve essere dotata di serrande taglia fuoco, le quali permettono un'immediata interruzione del flusso d'aria verso l'interno nel caso in cui la depressione interna superi un preciso valore di soglia e nel caso in cui vi sia un incendio interno.

Deve essere presente un sistema che garantisca la climatizzazione interna del Laboratorio.

#### 6.4. SISTEMA ELETTRICO E STRUMENTALE

Il sistema deve essere configurato in modo da svolgere i seguenti compiti:

- alimentazione elettrica dei sistemi di processo, dei sistemi di sicurezza e dei sistemi ausiliari del laboratorio;
- illuminazione artificiale del laboratorio;
- azionamento delle apparecchiature elettriche.

L'impianto elettrico deve essere realizzato nel rispetto della normativa vigente, che impone criteri progettuali e realizzativi atti a conferire all'impianto stesso un elevato standard di sicurezza.

Al fine di garantire il più possibile la continuità di funzionamento delle utenze all'interno del laboratorio, il quadro generale del laboratorio deve essere costituito da due sezioni indipendenti:

- Sezione "**normale**";
- Sezione di "**emergenza**".

La sezione **normale** del quadro elettrico è alimentata con l'energia elettrica prelevata dalla rete pubblica, trasformata e distribuita alle sottostazioni di utilizzo alla tensione di 400V trifase + neutro + terra.

La sezione **emergenza** del quadro elettrico è alimentata mediante gruppi generatori diesel ad avviamento automatico.

Il quadro generale del laboratorio, attraverso le due sezioni **normale** e **emergenza**, deve alimentare le seguenti utenze:

- prese FM del laboratorio;
- illuminazione locali;
- impianto di ventilazione;
- impianto di monitoraggio;

- impianto antincendio;
- gruppi di continuità.

Oltre ai corpi illuminanti collegati all'emergenza, devono essere disposti altri corpi illuminanti dotati di propria batteria per assicurare percorsi sicuri di evacuazione in caso di indisponibilità oltre che della corrente normale, anche di quella di emergenza.

Infine alcune apparecchiature, per le quali deve essere assicurata una maggiore continuità di funzionamento, devono essere collegate oltre che alla rete di emergenza anche a unità di continuità UPS (Uninterrupted Power System).

L'UPS, grazie alle batterie di cui è dotato, erogherà l'energia elettrica necessaria per il corretto funzionamento delle apparecchiature collegate, fino al ritorno della tensione di rete. In caso di mancanza prolungata, un sistema di allarme avvertirà della fine prossima dell'autonomia, consentendo così di terminare il lavoro o prendere opportuni provvedimenti per la sicurezza.

Il sistema di alimentazione di emergenza deve entrare in funzione entro 5-10 secondi dalla caduta di alimentazione principale. Verranno garantite nell'ordine le seguenti priorità:

- impianto di ventilazione;
- sistemi di monitoraggio radiazioni;
- sistemi di rilevazione incendio;
- illuminazione di emergenza dell'ambiente.

L'edificio del Laboratorio deve essere, naturalmente, provvisto di impianto di messa a terra.

### **6.5. SISTEMA DI MONITORAGGIO RADIOMETRICO**

I sistemi di monitoraggio radiometrico hanno lo scopo di monitorare costantemente lo stato dell'atmosfera all'interno ed all'esterno dei locali. Gli strumenti in dotazione e le procedure di misura attuate servono, da una parte per il controllo della contaminazione  $\alpha$  e dall'altra per il controllo del livello della radioattività  $\beta/\gamma$ .

I sistemi di controllo radiometrico sono raggruppati nelle seguenti categorie:

- Sistemi di monitoraggio personali;
- Sistemi di monitoraggio gamma;
- Sistemi di monitoraggio neutronici;
- Sistemi di monitoraggio dell'aria;
- Sistemi di monitoraggio delle superfici solide.

#### **Sistemi di monitoraggio personali.**

Il controllo della contaminazione sulle persone deve essere effettuato mediante:

- Strumenti semi-fissi installati in prossimità dei posti di lavoro;
- Strumenti fissi per il controllo di mani-piedi-vesti. Tale misura viene effettuata in maniera obbligatoria ad ogni persona che lascia la Zona Controllata.

L'uso di questi sistemi consente di individuare ed eliminare tempestivamente dannose contaminazioni, di impedire la loro diffusione in zone non controllate, di ricavare utili informazioni sullo stato radiometrico dell'area di lavoro.

Per il controllo dell'irraggiamento esterno il personale addetto a lavorare in zona controllata deve essere dotato di un proprio film badge da indossare ogni qualvolta si entra in Zona Controllata.

### **Sistemi di monitoraggio gamma.**

La funzione del sistema di monitoraggio gamma è quella di misurare e registrare l'intensità di esposizione nelle aree operative e di intervento del laboratorio, e di dare un allarme se l'esposizione supera un determinato livello.

I rivelatori sono normalmente delle camere di ionizzazione sospese a 2 metri sopra il pavimento dell'area di lavoro. Ogni rilevatore è munito di indicatore e allarme (ottico ed acustico) posto vicino al rilevatore. Gli allarmi devono essere duplicati all'ingresso del Laboratorio (Sala Controllo) e nel locale della RPO; devono essere previsti regolari verifiche funzionali e tarature secondarie.

Ogni sensore è costituito da un'unità autonoma in grado di svolgere le routines richieste per questo tipo di misura (taratura, ecc.). A tale scopo devono essere previste a bordo di ogni sensore le segnalazioni e i comandi necessari per visualizzare i valori misurati e per la gestione della misura.

Tutti i sensori devono essere connessi ad un'unità di supervisione installata nel locale RPO. Detta unità di supervisione deve consentire:

- la gestione remota dei sensori (visualizzazione delle misure e gestione del sensore);
- l'interfacciamento con altri sistemi di monitoraggio (eventualmente anche esterni all'installazione);
- l'acquisizione dei dati di monitoraggio;
- l'interfacciamento con il sistema di controllo;
- l'invio di segnali a postazioni continuamente presidiate;
- la costruzione di un archivio dati hardware;
- la resa dei dati in un formato adatto per l'elaborazione fuori linea su altri mezzi informatici.

### **Sistemi di monitoraggio neutronici.**

Per questi sistemi si può ricorrere all'utilizzo di rivelatori neutronici, quali contatori proporzionali a  $^3\text{He}$  o  $\text{BF}^3$ .

### **Sistemi di monitoraggio dell'aria.**

Nelle aree operative a rischio di contaminazione deve essere previsto un sistema discontinuo di monitoraggio costituito da un circuito che aspira l'aria. L'aria aspirata è quindi filtrata, ed il filtro è giornalmente sostituito e successivamente analizzato, nei tempi tecnici necessari, per la radioattività eventualmente presente (dopo circa 8 giorni per il decadimento della radioattività naturale).

In aggiunta a questi sistemi posizionati all'interno del fabbricato si deve prevedere un sistema di campionamento al camino realizzato in condizioni di isocinetismo, in cui il campione sia analizzato in tempo reale per rilevare eventuali rilasci all'atmosfera e sia raccolto su filtri, da sostituire con periodicità da definire, per i successivi esami di laboratorio.

Il sistema di monitoraggio in continuo al camino deve essere interfacciato con il sistema di supervisione installato nel locale RPO per tutto ciò che concerne misure e sistemi di autodiagnosi.

### **Sistemi di monitoraggio delle superfici solide.**

Il controllo della contaminazione delle superfici di lavoro deve essere effettuato mediante misure dirette e indirette. Le prime sono eseguite con monitori e intensimetri

portatili, mentre le seconde sono basate sul metodo del prelievo per strofinamento e misura del campione (smear tests).

#### *6.6. SISTEMA DI CONTROLLO DEGLI ACCESSI*

Al fine di identificare chi accede alla Zona Controllata si deve prevedere un sistema di controllo degli accessi, che nelle sue linee essenziali è costituito da una serie di una o più unità autonome dotate dei mezzi necessari per il riconoscimento di chi accede alle aree e/o per impedirne l'accesso in caso di mancato riconoscimento o di abilitazione.

Le porte di accesso al Laboratorio devono essere allarmate al fine di non compromettere il livello di depressione all'interno dei locali di lavoro.

#### *6.7. SISTEMA DI CONTROLLO E/O ALLARME*

Nel laboratorio deve essere previsto un sistema di controllo e/o allarme alimentato in corrente continua, fornita da batteria, tale da potere sempre funzionare anche in caso di mancanza di tensione. Tutti gli allarmi sono del tipo luminoso-acustico e saranno dislocati in un quadro generale nel locale RPO e riportati nella Sala Controllo, riuniti in gruppo.

Devono essere previsti:

- sirena per allarmi nucleari;
- sirena per allarme incendio;
- sirena per allarme radiazioni;
- allarme di livello dei serbatoi degli scarichi acquosi sospetti.

#### **Allarmi per rischi nucleari**

Questo tipo di allarme (pre-allarme ed allarme) sarà di tipo manuale ed automatico; il suo azionamento, nella versione manuale, sarà affidato ad una persona responsabile del Laboratorio e comporterà sia l'evacuazione del personale dai locali, sia la dichiarazione di Emergenza di Centro, nel caso i rischi siano estesi al di fuori del laboratorio stesso. L'allarme sarà del tipo a sirena a suoni intermittenti o continui.

#### **Allarme presenza radiazioni**

In particolare l'allarme presenza radiazioni deriva dal monitoraggio gamma dei locali (per i prodotti di fissione) e degli effluenti al camino (per il particolato).

#### *6.8. SISTEMA DI TRASPORTO DELL'AZOTO LIQUIDO*

Nel locale del Laboratorio si prevede l'ingresso e il passaggio della linea dedicata al trasporto dell'azoto liquido e relative diramazioni convergenti ai criostati presenti nel locale. Il sistema ha la funzione di automatizzare completamente il riempimento con azoto liquido dei criostati accoppiati ai rivelatori al Ge per spettrometria gamma che per poter funzionare correttamente necessitano di essere mantenuti ad una temperatura di  $-196$  °C. Esso è costituito essenzialmente da tubazioni in acciaio inox isolate sottovuoto, corredate di tutte le elettrovalvole e le valvole di sicurezza necessarie al corretto funzionamento del sistema. Ogni criostato è inoltre monitorato elettronicamente (mediante cavi criogenici, sensori e centralina di gestione dotata di allarmi visivi e

sonori), affinché la procedura di riempimento sia avviata al momento opportuno e si concluda nei tempi e secondo le modalità predefinite.

#### *6.9. SISTEMA DI TRASFERIMENTO DEI FUSTI CONTENENTI RIFIUTI RADIOATTIVI.*

Il laboratorio sarà munito di due muletti in grado di trasportare i fusti contenenti rifiuti radioattivi attraverso gli air-lock di ingresso e di uscita. Si tratta di macchine munite di braccio meccanico in grado di assicurare un'ottima presa del bidone. Si prevede l'acquisto di due muletti, in modo tale che uno sia di riserva all'altro in caso di guasto. I muletti possono essere gestiti in remoto dalla Sala Controllo, ma devono essere anche provvisti di comandi che ne consentano una gestione manuale in caso di guasto delle apparecchiature di comando o nei casi in cui le operazioni richiedano una particolare attenzione ed è quindi indispensabile la presenza dell'operatore. Il muletto avrà l'ulteriore compito di trasportare verso la zona di stoccaggio post-analisi tutti quei fusti in cui è stata rilevata la presenza di sostanze liquide per essere inviati in un altro laboratorio dove saranno sottoposti ad analisi di tipo distruttivo.

Una pinza meccanica si occuperà del posizionamento del fusto su un piedistallo in prossimità del quale il fusto deve essere sottoposto alle analisi visive e di controllo dell'integrità. Il manufatto viene quindi posizionato sul radiografo e successivamente sul sistema di scansione e tomografia gamma.

Effettuate le analisi non distruttive per la rivelazione di radionuclidi gamma-emettitori, il muletto preleva il fusto dalla piattaforma e lo posiziona all'interno del Sistema di Rivelazione Neutronica attiva e passiva al termine della quale lo trasporterà nella zona di stoccaggio post-analisi.

Si prevede anche la presenza di un carro ponte per il trasporto della strumentazione e delle sezioni di pareti in cemento che formano le barriere protettive degli strumenti. Si tratta di pareti smontabili che possono essere spostate ogni qualvolta sia necessario (manutenzione, guasti, sostituzione di parti della strumentazione, ecc.).

#### *6.10. ALTRI SISTEMI*

In sede di progettazione verranno descritti con adeguato grado di dettaglio:

- il sistema di comunicazione telefono, interfono, rete informatica locale (LAN) con adeguato numero di punti di connessione;
- distribuzione dell'acqua di tipo potabile a pressione di distribuzione stabilizzata (5 Bar +/- 10%), filtrata attraverso filtro primario a campana con materiale filtrante vetro o plastica e filtro secondario allo stacco di alimentazione puntuale in materiale sinterizzato (75  $\mu$ m), misuratore di portata con regolazione e indicazione della stessa come alimento per i sistemi di produzione di acqua deionizzata e/o distillata;
- distribuzione dei fluidi (aria compressa, argon, argon-metano, ecc.), comprensivo di valvole di sicurezza, filtri, indicatori, riduttori, regolatori di pressione, manometri di precisione con appropriato campo di misura, ecc.,;
- raccolta e gestione dell'acqua reflua (scarichi dubbi);
- rete di alimentazione elettrica trifase e monofase;
- alimentazione elettrica di emergenza e sotto inverter.

## **7. GESTIONE, RACCOLTA, DEPOSITO E/O TRATTAMENTO, ALLONTANAMENTO DEI RIFIUTI RADIOATTIVI**

La gestione dei rifiuti radioattivi prodotti dall'impianto sarà operata in funzione:

- delle loro caratteristiche (periodo di decadimento dei radionuclidi presenti, attività totale e specifica, radiotossicità e irraggiamento);
- delle loro caratteristiche fisiche (stato fisico, volume, peso);
- delle loro caratteristiche chimiche (volatilità, chemitossicità);
- delle modalità e del luogo di produzione e/o provenienza (decontaminazione di vetreria, operazioni di varia natura);
- delle modalità previste per la raccolta (continua o discontinua), per il trattamento e/o deposito (riduzione di volume o di condizionamento);
- delle modalità previste per l'allontanamento dei rifiuti dall'impianto (trasmissione ad altro soggetto, immissione nell'ambiente esterno).

La modalità di raccolta ed allontanamento dei rifiuti, per un laboratorio come quello in esame, non può che essere discontinua.

Saranno istituiti degli appositi registri nei quali saranno annotati, con un'appropriata procedura di identificazione univoca, i rifiuti liquidi, solidi e gassosi prodotti, le loro movimentazioni, i risultati delle loro analisi (se necessarie) e l'attività ad essi associata.

I rifiuti radioattivi solidi e liquidi, comunque prodotti, devono essere "classificati" cioè suddivisi in gruppi, tipi e classi (stato fisico, caratteristiche chimiche e fisiche, radiotossicità, tipo A, tipo B, ecc.).

### *7.1. MODALITÀ DI RACCOLTA ED ALLONTANAMENTO DEI RIFIUTI LIQUIDI*

#### **Scarichi dubbi**

Il laboratorio deve essere dotato di un sistema di scarico contenuto per l'evacuazione di liquidi acquosi potenzialmente contaminati (lavandini, doccia di decontaminazione, drenaggi, ecc.). Il sistema deve essere formato da una rete di tubi in acciaio inox, situati sotto il piano del pavimento, per convogliare i liquidi in due serbatoi in acciaio inox da 10 m<sup>3</sup> cadauno, interrati, accessibili per le ispezioni e collegati in modo da permettere il funzionamento in alternativa e il travaso di uno nell'altro.

I serbatoi devono essere a loro volta contenuti in vasconi di calcestruzzo dotati di liner di acciaio inox, di volume pari a quello dei serbatoi e con pozzetti di raccolta muniti di sonda di livello per la rivelazione di eventuali perdite.

I serbatoi devono essere dotati di allarme di alto livello e di altissimo livello, di sistema omogeneizzazione, di sistema di campionamento e ne deve essere possibile lo svuotamento tramite pompa, sia in autocisterna che nella rete di scarichi del Centro, a seconda del risultato delle analisi dei liquidi in essi contenuti.

### *7.2. MODALITÀ DI RACCOLTA ED ALLONTANAMENTO DEI RIFIUTI SOLIDI*

Per i rifiuti solidi radioattivi o dubbi si hanno essenzialmente rifiuti solidi combustibili (filtri, guanti, materiale plastico) e non combustibili (metalliche varie), la cui quantità annua non può al momento essere stimata.

I rifiuti solidi prodotti devono essere stoccati in sacchi di PVC inseriti a loro volta in un fusto di tipo petrolifero da 200 litri. Al riempimento del sacco, questo viene saldato ed il fusto viene chiuso.

## **8. DESCRIZIONE DELLE MANIPOLAZIONI CHE SI PREVEDE DI COMPIERE SUL MATERIALE RADIOATTIVO**

### *8.1 CARATTERIZZAZIONE DI MATERIALI CONTENENTI RADIOISOTOPI*

Obiettivo della caratterizzazione radiologica è l'individuazione e la quantificazione dei radionuclidi emettitori presenti in un rifiuto o in un manufatto al fine di effettuare una corretta gestione del rifiuto radioattivo e la verifica del rispetto dei criteri di accettazione del deposito definitivo in ottemperanza ai limiti imposti dalla Guida Tecnica n. 26. La caratterizzazione radiologica viene effettuata utilizzando tutte le informazioni deducibili da misure dirette ed indirette sul manufatto e/o dalla storia del rifiuto prima del suo condizionamento.

La procedura di caratterizzazione deve essere applicata a tutti i rifiuti radioattivi condizionati o non condizionati che pervengono al deposito, ma dei quali non si ha alcuna informazione certa.

Se i rifiuti radioattivi condizionati sono provenienti da impianti elettronucleari, la procedura di caratterizzazione deve essere applicata ad un numero sufficientemente rappresentativo di manufatti, definito tramite apposita procedura di campionamento, ai fini del controllo.

#### **Ricezione ed Accettazione di Manufatti**

A cura del trasportatore i manufatti vengono scaricati in lotti non superiori a 10 unità presso l'area di ricevimento del Laboratorio (piattaforma di scarico).

Il personale dipendente del Laboratorio dispone il trasporto dall'area ricevimento all'area laboratorio dei manufatti (mediante muletto). Il primo in ordine di identificazione (in base all'etichetta apposta) è sottoposto alle misure, seguito dagli altri in ordine di identificazione. I manufatti non ancora sottoposti a prove o che hanno terminato il ciclo prove, presenti nell'area laboratorio, sono segregati rispettivamente nella zona di stoccaggio pre-analisi ed in quella post-analisi all'interno del Laboratorio.

Il manufatto da caratterizzare viene posto, tramite muletto, sul "pedistallo" inserito nel locale 17.

Il personale dipendente del Laboratorio effettua le operazioni di accettazione, consistenti nelle seguenti attività:

- Verifica ed esame visivo dell'integrità e chiusura fusto-manufatto;
- Verifica della conformità del manufatto alla scheda identificativa di accompagnamento;
- Verifica della identificazione ed etichettatura del manufatto come definite dal produttore;
- Controllo a vista dell'integrità del fusto-manufatto per rilevare eventuali ammaccature, crepe superficiali o incrostazioni di materiale comportanti contaminazioni residue;
- Acquisizione di immagini fotografiche del manufatto;
- Acquisizione della eventuale documentazione fornita dal produttore del manufatto: informazioni dettagliate sulle origini, sulla descrizione storica e sui processi di trattamento subiti sono necessarie per assicurare una corretta caratterizzazione per la determinazione del contenuto dei radionuclidi emettitori;
- Misura delle dimensioni e del peso del manufatto;

- Misura del rateo di dose Beta/Gamma e neutronica (quando richiesto o applicabile) a contatto ed alla distanza di 1 metro;
- Misura della contaminazione superficiale mediante "Smear Test";
- Acquisizione e misura con Sistemi di Imaging Gamma delle mappe di intensità di radiazione Gamma e valutazione di eventuali concentrazioni di radionuclidi sulla superficie esterna del fusto: l'immagine della mappa di radiazione Gamma sovrapposta alla immagine visibile dell'area, consente di individuare eventuali "Hot Spots" presenti sulla superficie esterna del manufatto e caratterizzare i suddetti in tempi relativamente brevi.

### **Avvio al ciclo prove ed eventuale immagazzinamento.**

La caratterizzazione radiologica del manufatto inizia con l'invio del fusto ai Sistemi di Radiografia Digitale al fine di verificare la presenza o meno la presenza di liquidi al suo interno.

Nel caso di presenza di liquidi, il rifiuto viene trasportato, tramite un muletto robotizzato, in una zona di stoccaggio temporaneo prevista in prossimità dell'air-lock di uscita del laboratorio in attesa di essere prelevato ed inviato ai sistemi di misura distruttivi.

Nel caso di assenza di liquidi, il manufatto continua il ciclo prove all'interno del laboratorio, inviandolo, ai sistemi di misura non distruttivi di cui dispone il laboratorio in questione.

La caratterizzazione radiologica mediante analisi non distruttive viene eseguita secondo le seguenti modalità e successioni:

#### **Caratterizzazione del rifiuto tramite Spettrometria Gamma a Scansione:**

- Segmented Gamma Scanning, che permette di ricavare l'attività  $\gamma$  contenuta in un fusto;
- Transmission and Emission Computerised Tomography (TCT-ECT), usata per rifiuti e manufatti con distribuzione di densità non omogenea e distribuzione di attività non uniforme.

#### **Caratterizzazione del rifiuto tramite Misure Neutroniche:**

- Tecniche Neutroniche Passive, il cui obiettivo è la determinazione quantitativa del materiale fertile ( $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$ ,  $^{242}\text{Pu}$ ) presente nel rifiuto a partire dai neutroni rivelati;
- Tecniche Neutroniche Attive, il cui obiettivo è la determinazione quantitativa del materiale fissile ( $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Pu}$ ,  $^{235}\text{U}$ ) presente nel rifiuto a partire dai neutroni rivelati.

A supporto di tali tecniche di analisi non distruttive, sul manufatto da caratterizzare, può essere effettuata una Misura di Spettrometria Gamma con sistemi in situ, sistemi di misura costituiti da un singolo rivelatore calibrato sperimentalmente o matematicamente.

Il Laboratorio sarà inoltre dotato di un sistema di misura integrato ottimizzato per le esigenze di classificazione dei rifiuti. Il sistema integra tre tecniche di misura in modo da ottenere la completa caratterizzazione radiologica dei manufatti:

- interrogazione neutronica attiva tramite fissione indotta;
- interrogazione gamma attiva tramite fotofissione;
- tomografia gamma.

La Tecnica di Interrogazione Neutronica Attiva può essere utilizzata per determinare la quantità di materiale fissile presente entro il manufatto. I componenti fondamentali di un tale sistema sono:

- acceleratore lineare di elettroni (Linac);
- target per la produzione di fotoni da Bremsstrahlung;
- target per la produzione di fotoneutroni;
- moderatore per la termalizzazione dei neutroni (già presenti nel sistema passivo);
- rivelatori ad  $^3\text{He}$  per la rivelazione dei neutroni veloci dovuti a reazioni di fissione indotta su isotopi fissili quali  $^{235}\text{U}$  o  $^{239}\text{Pu}$ ;
- cavità di rivelazione.

La sorgente di neutroni è realizzata mediante un fascio di elettroni accelerati dal Linac che investe un bersaglio ad alto numero atomico (generalmente W) producendo fotoni di Bremsstrahlung. Il fascio fotonico investe un ulteriore target (generalmente Be) per la creazione di fotoneutroni, con conseguente produzione di neutroni per fissione indotta sul materiale fissile presente nel fusto.

Nella Tecnica di Interrogazione Gamma Attiva, usata per determinare la massa totale degli attinidi presenti nel fusto, il fascio di fotoni di Bremsstrahlung viene fatto incidere direttamente sul contenitore generando reazioni di fotofissione: la rivelazione dei neutroni ritardati relativi alle fotofissioni indotte nel fusto, dà informazioni sulla presenza di materiale foto fissile (principalmente  $^{238}\text{U}$ ).

L'acceleratore lineare di elettroni viene sfruttato, altresì, per eseguire la Tomografia gamma in trasmissione: la sorgente di trasmissione consiste proprio nel fascio fotonico di Bremsstrahlung che investe il campione da analizzare, viene rivelato da una schiera di rivelatori del tipo BGO per fornire un'accurata determinazione della distribuzione del coefficiente di attenuazione ( $\mu$ ) della radiazione gamma nel manufatto. La Tomografia gamma in emissione viene eseguita con l'ausilio di rivelatori al Germanio ad alta risoluzione per la misura della distribuzione di attività spaziale all'interno del contenitore di rifiuti.

I risultati di ciascuna tecnica di caratterizzazione vengono raccolti e combinati per fornire una corretta caratterizzazione del manufatto, con limiti di rivelazione abbastanza ridotti e tali da consentire una ottimale discriminazione fra rifiuti di seconda e terza categoria.

I rifiuti caratterizzati e classificati vengono inviati nella zona di stoccaggio post-analisi, da cui verranno prelevati per essere inseriti nel Deposito.

## 9. ANALISI DI SICUREZZA

### 9.1. GENERALITÀ

La verifica del mantenimento degli obiettivi di progetto in condizioni normali e incidentali deve essere effettuata per mezzo di un'analisi di sicurezza.

Questa avrà lo scopo di verificare il mantenimento degli obiettivi di progetto in termini di congruenza fra le frequenze stimate dell'evento (categoria di evento) e gravità delle conseguenze (dosi al personale ed alla popolazione).

L'analisi di sicurezza è basata su di una "analisi delle risposte d'impianto" ovvero in una valutazione sistematica dei modi in cui strutture, sistemi e componenti possono guastarsi e delle conseguenze di tali guasti.

I malfunzionamenti analizzati dovranno comprendere l'intero spettro degli eventi e delle situazioni incidentali che abbiano una ragionevole probabilità di accadimento.

Tecniche di analisi tipo FMEA sono le più idonee per tale identificazione sistematica degli eventi iniziatori. La tecnica FMEA individua i possibili guasti per risalire alle cause, stabilirne le conseguenze ed individuare le misure di prevenzione o di protezione da adottare.

Per le situazioni di guasto saranno prese in esame:

- le modalità di guasto, in termini di perdita della funzione esaminata;
- le possibili cause;
- le conseguenze prevedibili;
- le misure di protezione, adottate in sede di progettazione e fabbricazione al fine di mitigare le conseguenze del guasto.

### *9.2. VALUTAZIONI DI DOSE AI LAVORATORI E ALLA POPOLAZIONE IN CONDIZIONI NORMALI*

In sede di progettazione sarà effettuata una valutazione della dose ai lavoratori e alla popolazione in condizioni di funzionamento normale. Le dosi ammesse in condizioni di normale funzionamento sono stabilite sulla base dell'esperienza operativa di laboratori simili e da un'analisi costi benefici. Esse devono essere comunque conformi alle disposizioni di cui al D. Lgs 230/95 e s.m.i.. Dovrà essere inoltre fatto ogni ragionevole sforzo per assicurare che i rischi creati dalla presenza di materiale radioattivo siano per quanto possibile ridotti, secondo il principio ALARA.

### *9.3. ANALISI INCIDENTALE E VALUTAZIONI DI DOSE AI LAVORATORI E ALLA POPOLAZIONE IN CONDIZIONI INCIDENTALI*

Con l'analisi incidentale sarà individuato l'incidente massimo credibile al quale sarà associato il massimo rilascio all'ambiente in condizioni incidentale. Sulla base di tale rilascio sarà effettuata la valutazione di dose ai lavoratori e alla popolazione per verificare il rispetto degli obiettivi di sicurezza che, pur nel rispetto dei limiti di legge, saranno commisurati alla gravità e alla frequenza stimata dell'incidente.

Gli incidenti che possono essere assunti credibili nel Laboratorio di Caratterizzazione dei Rifiuti Radioattivi mediante Tecniche di Analisi Non Distruttive sono:

- incendio nel Laboratorio propriamente detto;
- incidente dovuto alla movimentazione del manufatto in misura (caduta e conseguente rottura del fusto).

 <b>Ricerca Sistema Elettrico</b>	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	NNFISS-LP4-002	0	L	31	34

## 10. ORGANIZZAZIONE E CLASSIFICAZIONE DEL PERSONALE

L'organizzazione del Laboratorio è naturalmente suggerita dalle principali finalità che con l'esercizio del Laboratorio si vuole raggiungere. Esse sono:

- analisi radiologica qualitativa e quantitativa in manufatti condizionati mediante tecniche di analisi non distruttive come la Spettrometria gamma a scansione, la Tomografia gamma e la Caratterizzazione neutronica mediante sistemi passivi e attivi.

Per tale scopo il Laboratorio si dota di una struttura organizzativa finalizzata al più efficiente impiego delle professionalità disponibili, essenzialmente personale specializzato nella pianificazione e nella conduzione di attività di R&ST, in analisi non distruttive e tecniche strumentali di vario tipo.

Nella sua essenzialità, lo schema organizzativo prevede:

- a) un Direttore del Laboratorio;
- b) due Responsabili di gestione del Laboratorio;
- c) due gruppi di tecnici rispettivamente inseriti nei gruppi di lavoro relativi a tecniche di analisi mediante spettrometria gamma o mediante caratterizzazione neutronica.

Di volta in volta, gruppi di attività "ad hoc" possono essere costituiti (sotto la guida di un responsabile di attività di R&ST), per periodi di tempo determinato, a seconda delle necessità programmatiche e delle esigenze evidenziate dal Laboratorio per lo svolgimento dei propri lavori di ricerca.

La sorveglianza fisica della radioprotezione sarà effettuata ai sensi dell'art. 75 del DLgs. 230/95 e s.m.i. e sarà affidata ad un Esperto Qualificato con le modalità indicate nei pertinenti articoli del Capo VIII dello stesso decreto. Il Laboratorio sarà dotato di un servizio di radioprotezione operativa con personale scelto d'intesa con l'esperto qualificato e che opererà secondo le direttive e sotto la responsabilità dell'esperto qualificato stesso (un responsabile con 2/3 operatori).

La sorveglianza medica della radioprotezione sarà effettuata ai sensi dell'art. 83 del DLgs. 230/95 e s.m.i. e sarà affidata ad un Medico Competente o Autorizzato con le modalità indicate nei pertinenti articoli del Capo VIII dello stesso decreto.

I criteri per classificazione del personale addetto al laboratorio, sia che si tratti di personale dipendente che di personale ospite, sono in accordo con quanto indicato nel paragrafo 3 dell'allegato III al D.L.gs. 230/95 e s.m.i.

La classificazione dei lavoratori deve essere aggiornata con continuità.

## 11. BUDGET NECESSARIO E TEMPISTICA PREVISTA

Nella fase attuale non è possibile definire con sufficiente accuratezza il budget e i tempi necessari per la realizzazione ex-novo di un Laboratorio di Caratterizzazione Rifiuti Radioattivi mediante Tecniche di Analisi Non Distruttive, in quanto materia soggetta ad iter autorizzativo. Una valutazione di massima, tra opere civili, sistemi di sicurezza, sistemi ausiliari e dotazioni strumentali, prevede una spesa di circa 5 milioni Euro ed una tempistica di 4-5 anni, da verificare più puntualmente in fase progettuale.

## 12. ITER AUTORIZZATIVO

Allo stato della legislazione vigente, il Laboratorio descritto è soggetto a nulla osta preventivo, in ottemperanza all'articolo 28 del Decreto Legislativo 230/1995 modificato dal 187/2000 e dal 241/2000, da parte del Ministero dello Sviluppo Economico di concerto con i Ministeri dell'Ambiente, dell'Interno, del Lavoro e della Previdenza Sociale, della Sanità sentite l'ISPRA e le regioni territorialmente competenti, le quali formuleranno osservazioni, in vista dell'autorizzazione della esecuzione delle operazioni connesse, rilasciata dal sopracitato Ministero dello Sviluppo Economico. Tali osservazioni devono essere trasmesse all'ISPRA, entro 60 giorni dal ricevimento dell'istanza, nel quadro di un procedimento complesso in cui la P.A. locale interagisce in fase istruttoria con l'Autorità di Sicurezza Nucleare.

La domanda di nulla osta deve essere inoltrata al MiSE, e in copia alle altre amministrazioni e organismi tecnici sopra indicati, corredata della documentazione tecnica descritta nell'Allegato IX del DLgs 230/1995 così come modificato dal 241/2000.

N.B.: Quanto sopra potrebbe non essere completamente applicabile nel caso in cui il laboratorio descritto venga realizzato come facente parte del "Parco Tecnologico" comprendente il deposito nazionale di stoccaggio definitivo dei rifiuti radioattivi a bassa e media attività e stoccaggio temporaneo dei rifiuti ad alta attività, per il quale è prevista una "autorizzazione unica".

## RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia, per gli utili suggerimenti e contributi, i colleghi della LP4 – Task B.

Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
NNFISS-LP4-002	0	L	33	34

## BIBLIOGRAFIA

1. Decreto Legislativo del Governo n. 230/1995 modificato dal 187/200 e dal 241/200 "Attuazione delle direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 92/3/Euratom e 96/29/Euratom in materia di radiazioni ionizzanti".
2. Guida Tecnica 26 ENEA – DISP.
3. FPN-LP4-003 "Attività relative alla Caratterizzazione dei Rifiuti Radioattivi da Conferire al Sito di Smaltimento e di Deposito" ENEA, 2008.
4. IAEA, SAFETY STANDARD SERIES, Draft Safety Guide No. DS 390, "Classification of Radioactive Waste", Vienna, Novembre 2006
5. IAEA-TECDOC-1537, "Strategy and Methodology for Radioactive Waste Characterization", Vienna, Marzo 2007
6. M. Cumo: "Impianti Nucleari", UTET, 1986.
7. L. Sani: "Centrali Elettronucleari", Sistema, 1985.
8. Jallu F., Lyoussi A. et al.; "Photoneutron production in tungsten, praseodymium, copper and beryllium by using high energy electron linear accelerator"; Nuclear Instruments and Methods In Physics Research B, 155 (1999), 373 - 381.
9. Jallu F., Lyoussi A. et al.; "The simultaneous neutron and photon interrogation method for fissile and non-fissile element separation in radioactive waste drums"; Nuclear Instruments and Methods In Physics Research B, 170 (2000), 489 - 500.
10. Jallu F., Lyoussi A. et al.; "Fissile and non-fissile element separation in concrete radioactive waste drums using the SIMPHONIE method"; Nuclear Instruments and Methods In Physics Research B, 170 (2001), 267 - 278.
11. Cherubini N., Frazzoli F., Remetti R.; "Sviluppo di Tecniche di Misura Neutroniche Attive", Rapporto Tecnico ENEA, Luglio 2001.

 <b>Ricerca Sistema Elettrico</b>	<b>Sigla di identificazione</b> NNFISS-LP4-002	<b>Rev.</b> 0	<b>Distrib.</b> L	<b>Pag.</b> 34	<b>di</b> 34
--	---	------------------	----------------------	-------------------	-----------------

## ALLEGATO 1

**ENEA**

Ricerca di Sistema  
C.R. Casaccia

Progetto preliminare del laboratorio di caratterizzazione radiologica mediante tecniche di analisi non distruttive.

NNFISS-LP4-002

**TAVOLA UNICA**  
Planimetria generale  
Sezioni  
Prospetti

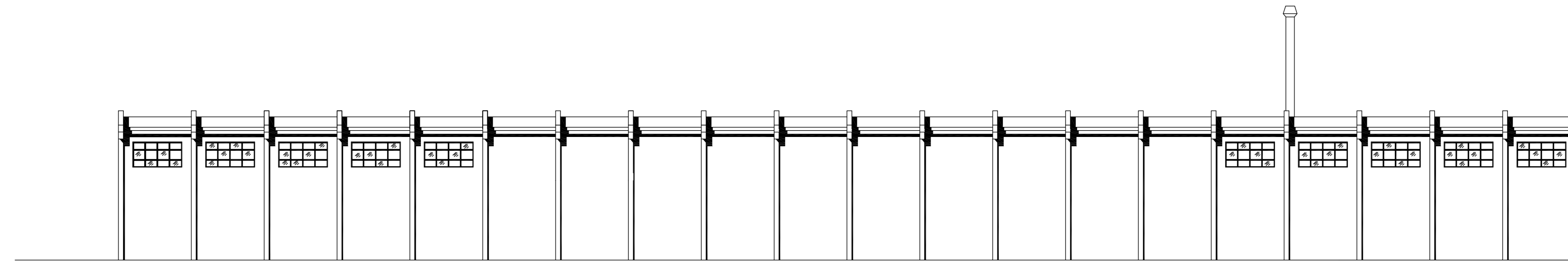
DATA - AGGIORNAMENTO  
30/11/2009

Scala: 1:200

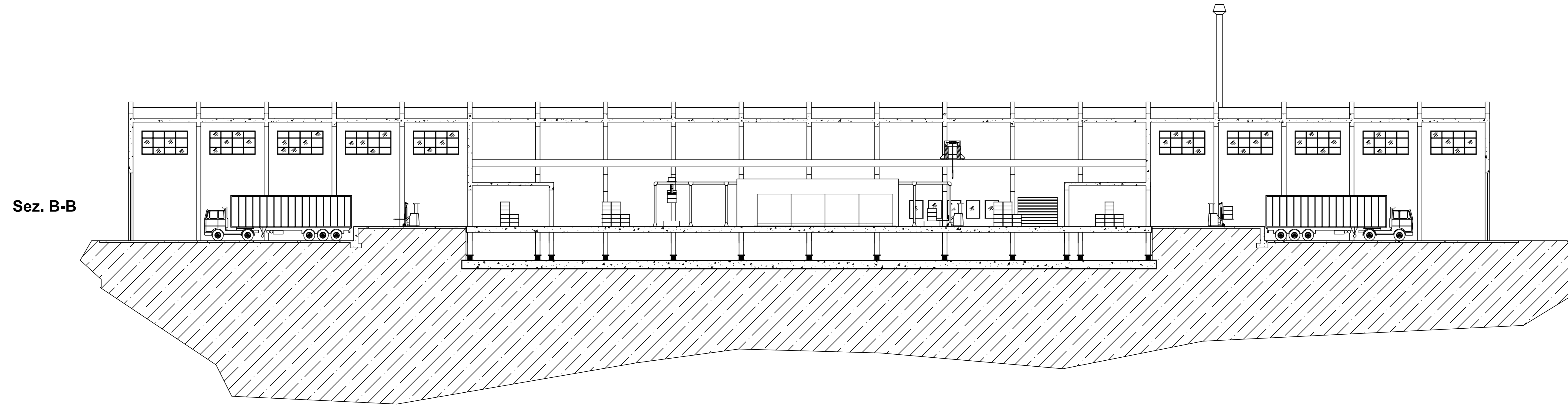
Ing. Nadia Cherubini  
Ing. Alessandro Dodaro  
Ing. Luca Silvi

**LEGENDA**

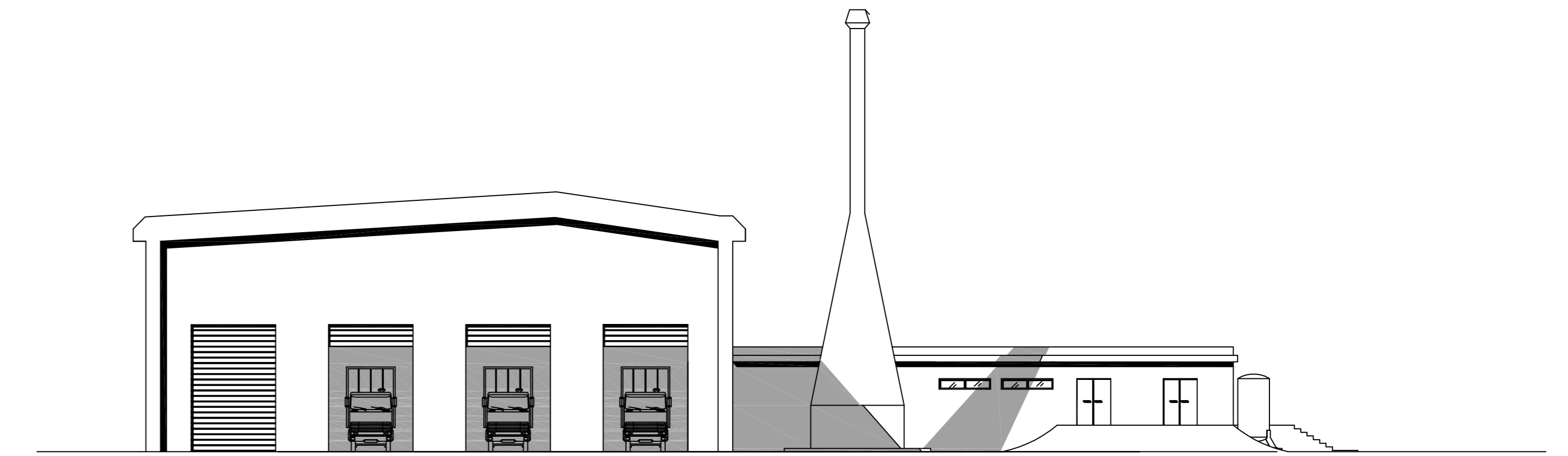
1. -Ingresso - corridoio
2. -Uffici
3. -Sala accoglienza
4. -Servizi, docce e spogliatoio freddo
5. -Magazzino Freddo
6. -Officina
7. -Sala Macchine e Filtri
8. -Sala Controllo
9. -Spogliatoio Caldo
10. -Laboratorio Radioprotezione Operativa (RPO)
11. -Corridoio Caldo
12. -Doccia di Emergenza
13. -Piattaforma di Scarico Rifiuti Radioattivi
14. -Air-lock Ingresso Fusti
15. -Laboratorio Taratura, Ricerca e Sviluppo
16. -Magazzino Sorgenti
17. -Laboratorio Caratterizzazione Rifiuti Radioattivi mediante Tecniche Non Distruttive
18. -Locale Tecnico Generatore di Neutroni ( o Acceleratore di Elettroni)
19. -Locale Sistema Neutronico Attivo/Passivo
20. -Air lock Uscita Fusti
21. -Piattaforma di Carico Rifiuti Radioattivi
22. -Camino di Espulsione Aria
23. - Locale Serbatoi Azoto liquido e Argon



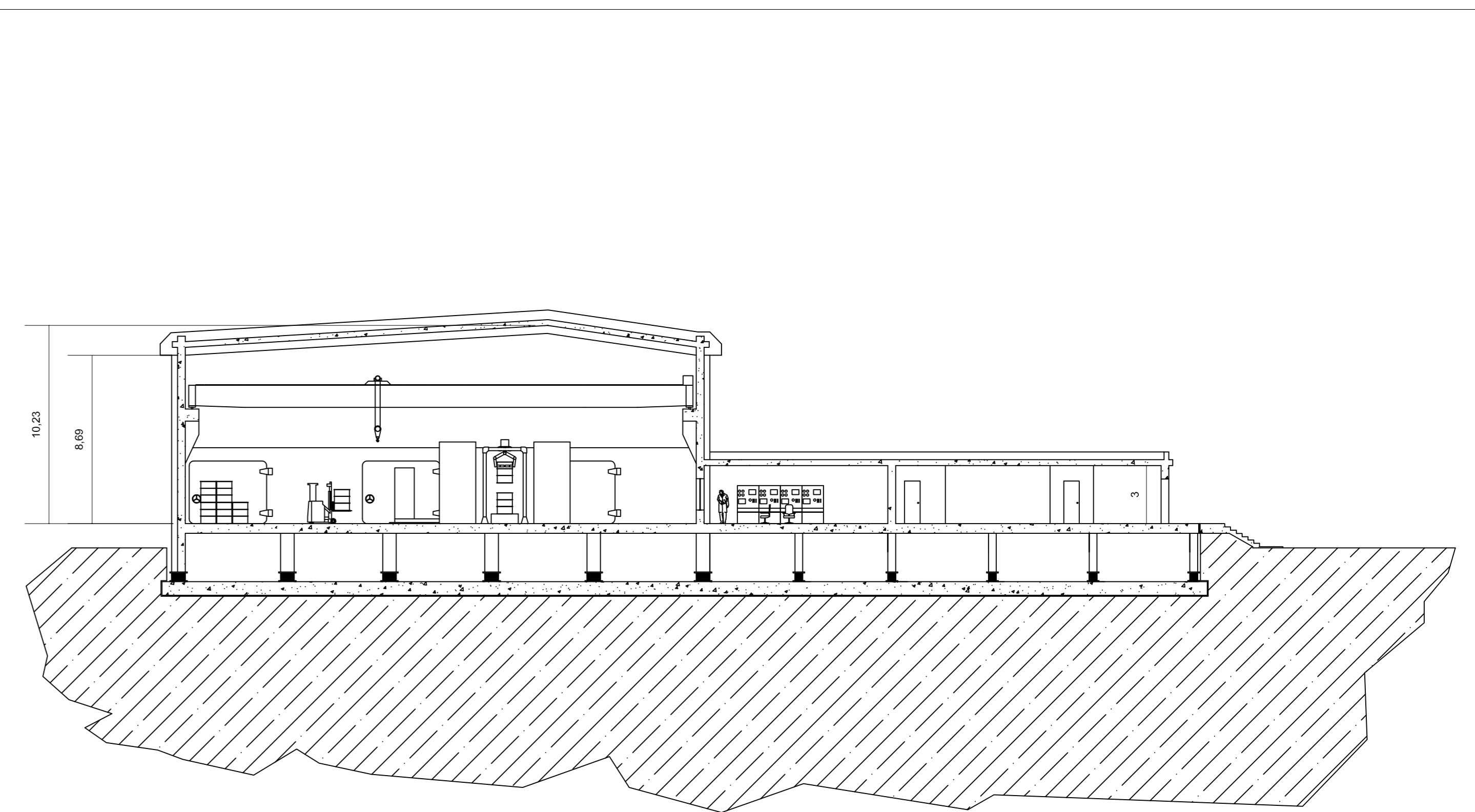
Prospetto vista A



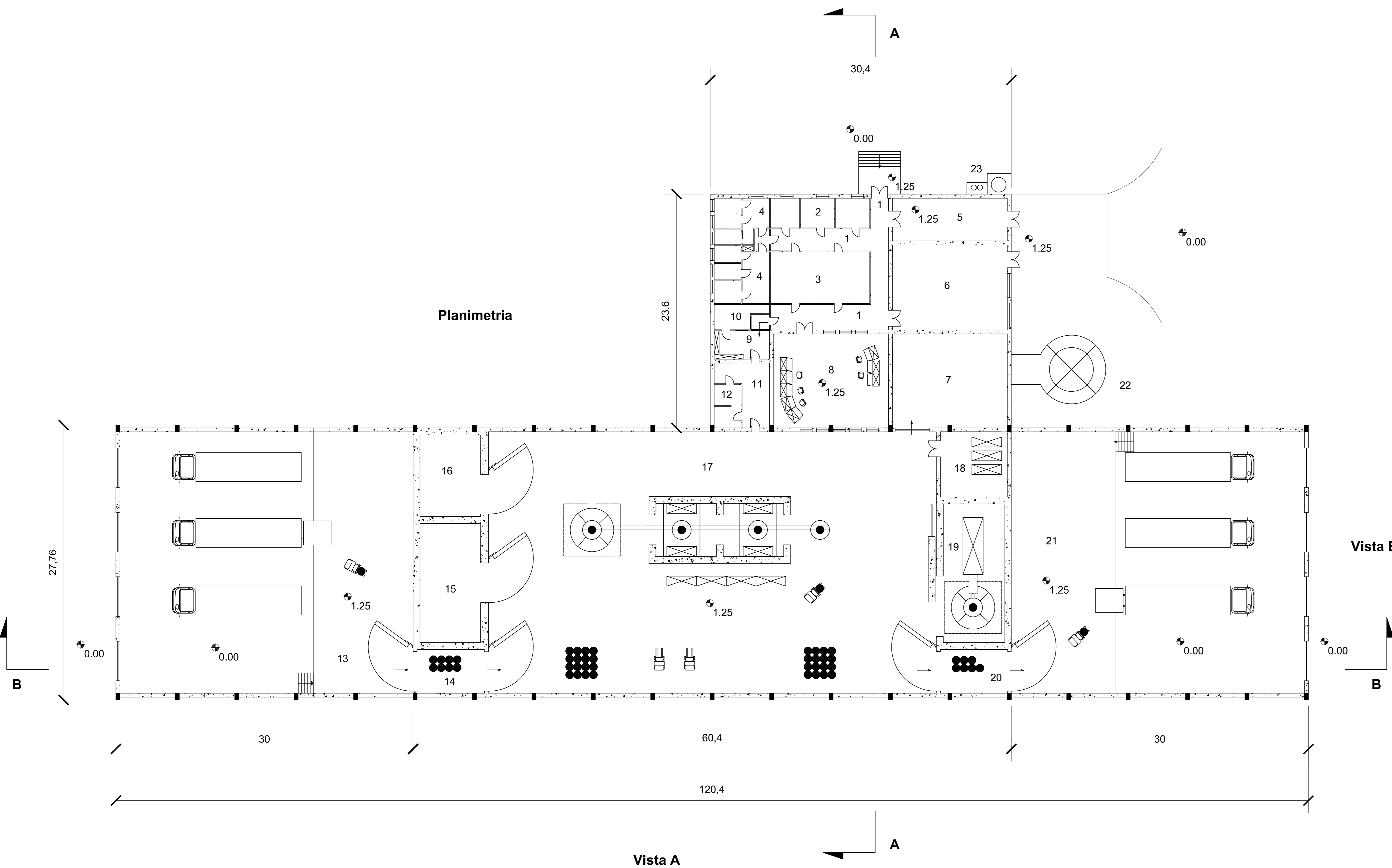
Sez. B-B



Prospetto vista B



Sez. A-A



Planimetria

Vista A

Vista B