

Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale

Codice	DN DN 00068	Fase del progetto	Preliminare	Data	26/02/2018	Pag	1
--------	-------------	-------------------	-------------	------	------------	-----	---



Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



INDICE

1	ACRONIMI	4
2	PREMESSA.....	5
3	SCOPO	6
4	L' USM NEL CONTESTO GENERALE DI SITO.....	7
5	DESCRIZIONE GENERALE DELL'USM.....	10
5.1	SISTEMA DI SMALTIMENTO A BARRIERE MULTIPLE	12
6	CRITERI DI PROGETTO DEL USM E DEI SUOI COMPONENTI PRINCIPALI.....	13
6.1	LE BARRIERE INGEGNERISTICHE.....	13
6.2	SISTEMA DI DRENAGGIO CELLE.....	34
6.3	SISTEMA DI VIABILITÀ PERMANENTE E TEMPORANEA.....	37
7	FATTORE DI RIEMPIMENTO DELLE CELLE	38
8	FUNZIONAMENTO IMPIANTO	39
8.1	PREDISPOSIZIONE DELLA PROTEZIONE TEMPORANEA, COPERTURA MOBILE E DEL SISTEMA DI MOVIMENTAZIONE SULLE CELLE DI DEPOSITO	41
8.2	ARRIVO MODULI DALL'IMPIANTO DI CONFEZIONAMENTO MODULI.....	42
8.3	RIEMPIMENTO DELLA CELLA DI DEPOSITO CON MATERIALE INERTE	42
8.4	CHIUSURA E SIGILLATURA CELLA DI DEPOSITO	43
8.5	SPOSTAMENTO DELLA COPERTURA MOBILE	43
9	SISTEMI AUSILIARI	45
9.1	SISTEMA DI CONTROLLO E AUTOMAZIONE	45
9.2	SISTEMA ELETTRICO	47
9.3	IMPIANTO TELEFONICO ED INTERFONICO	49
9.4	SISTEMA DI MONITORAGGIO RADIOLOGICO	50
9.5	SISTEMA DI CONTROLLO ACCESSI.....	50
10	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	52

<p>Relazione Tecnica</p> <p>Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale</p>	<p>ELABORATO DN DN 00068</p> <p>REVISIONE 02</p>
---	--



1 ACRONIMI

- **USM** Unità Smaltimento Moduli
- **CdD** Celle di Deposito
- **DNPT** Deposito Nazionale e Parco Tecnologico
- **ICM** Impianto Confezionamento Moduli
- **IPM** Impianto Produzione Moduli

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



2 PREMESSA

Sogin S.p.A. è stata designata, attraverso il D.lgs. n.31 del 15 febbraio 2010 e successive modifiche e integrazioni, quale soggetto responsabile della localizzazione, realizzazione e dell'esercizio del Deposito Nazionale e Parco Tecnologico (DNPT) per lo 'smaltimento a titolo definitivo' dei rifiuti radioattivi di bassa e media attività (ex II categoria secondo [Rif. 2] – attività molto bassa e a bassa attività [Rif. 1] - VLLW e LLW secondo [Rif. 3]) e all'immagazzinamento, a 'titolo provvisorio di lunga durata', dei rifiuti radioattivi ad alta attività e del combustibile irraggiato provenienti dalla pregressa gestione di impianti nucleari (ex III Categoria secondo [Rif. 2] – media attività e alta attività [Rif. 1] - ILW e HLW secondo [Rif. 3]).

Nell'ambito dell'incarico ricevuto, la Sogin dovrà:

- gestire le attività finalizzate alla localizzazione del sito per il Deposito Nazionale e Parco Tecnologico
- curare le attività connesse alla progettazione ed al procedimento autorizzativo relativo alla realizzazione ed esercizio del DNPT
- provvedere alla realizzazione e all'esercizio del DNPT

Il Deposito Nazionale sarà composto da due strutture principali di superficie, progettate sulla base delle migliori esperienze internazionali e secondo i più recenti standard IAEA (International Atomic Energy Agency): un deposito per lo 'smaltimento a titolo definitivo' dei rifiuti di bassa e media attività e un deposito per l'immagazzinamento a 'titolo provvisorio di lunga durata' dei rifiuti ad alta attività (denominato Complesso Stoccaggio Alta attività - CSA).

Il trasferimento dei rifiuti radioattivi in un unico sito garantirà una loro gestione sicura, efficiente e razionale, e permetterà di rispettare le direttive europee, allineando l'Italia ai Paesi che da tempo hanno in esercizio sul loro territorio depositi analoghi.

In particolare l'Unità Smaltimento Moduli (USM) sarà un insieme di strutture parzialmente interrato per la messa a dimora dei moduli di deposito contenenti manufatti di rifiuti radioattivi di bassa e media attività.

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



3 SCOPO

La presente relazione ha per oggetto la descrizione generale delle Unità di Smaltimento Moduli (USM) e delle loro componenti principali nell'ambito del progetto preliminare del DNPT finalizzato alla pubblicazione e alla presentazione al Seminario Nazionale, così come richiesto dalla legge di cui al [Rif. 4].

L'USM, costituita da Celle di Deposito (CdD), rappresenta la struttura destinata ad accogliere definitivamente i rifiuti radioattivi di bassa e media attività a vita breve condizionati in monoliti di calcestruzzo speciale (moduli).

Le descrizioni dei sistemi di movimentazione, della struttura delle celle e delle opere civili, del sistema di drenaggio e degli impianti ausiliari etc., hanno lo scopo di fornire una panoramica generale di questi sistemi e delle loro principali caratteristiche. Ciascuna parte dell'impianto infatti è descritta in dettaglio nella relativa documentazione di riferimento, a cui si rimanda nei capitoli successivi (vedi capitolo 10).

Si precisa che il progetto preliminare dell'USM è stato sviluppato senza tener conto di vincoli imposti dalle caratteristiche del sito che lo ospiterà perché non ancora individuato. Il progetto definitivo sarà invece sviluppato tenendo conto delle caratteristiche del sito destinato ad ospitare il DNPT e della definizione della qualifica delle barriere¹.

¹ La qualifica delle barriere in calcestruzzo del DN ha l'obiettivo di definire le caratteristiche chimiche, fisiche, meccaniche, le procedure di realizzazione e qualificazione del Modulo+Grout (d'ora in avanti semplicemente 'Modulo') nonché delle Celle di Deposito, al fine di *implementare la soluzione ingegneristica definitiva ed assicurare a lungo termine (350 anni: 50 anni esercizio + 300 anni controllo istituzionale) la sicurezza strutturale e la funzionalità di isolamento e confinamento dei radionuclidi.*

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



4 L'USM NEL CONTESTO GENERALE DI SITO

Il sito del DNPT nel suo complesso è costituito da un'area destinata al Deposito Nazionale ed un'area dedicata al Parco Tecnologico. Nell'area Parco Tecnologico saranno realizzati sia impianti/installazioni funzionalmente collegate all'area Deposito Nazionale sia impianti/installazioni utili per integrare il DNPT con il tessuto socio-economico della regione dove verrà realizzato.

Nell'area Deposito Nazionale sono realizzate le installazioni dedicate alla sistemazione definitiva dei rifiuti radioattivi a bassa e media attività, quelle dedicate allo stoccaggio temporaneo dei rifiuti radioattivi ad alta attività, nonché altre installazioni ausiliarie dedicate alla gestione dei rifiuti radioattivi.

Le installazioni dedicate alla sistemazione definitiva dei rifiuti radioattivi sono l'Impianto Confezionamento Moduli (ICM), l'Impianto Produzione Moduli (IPM) e l'Unità Smaltimento Moduli (USM). L'ICM ha la funzione di confezionare ed immobilizzare i manufatti contenenti i rifiuti (prima barriera di confinamento) all'interno di moduli in calcestruzzo speciale che costituiscono la seconda barriera di deposito. I moduli vengono poi trasferiti nelle Celle di Deposito (terza barriera) che costituiscono l'unità base dell'USM. Ciascuna cella è realizzata in conglomerato cementizio armato e ha la funzione di alloggiare i moduli impilati su più strati.

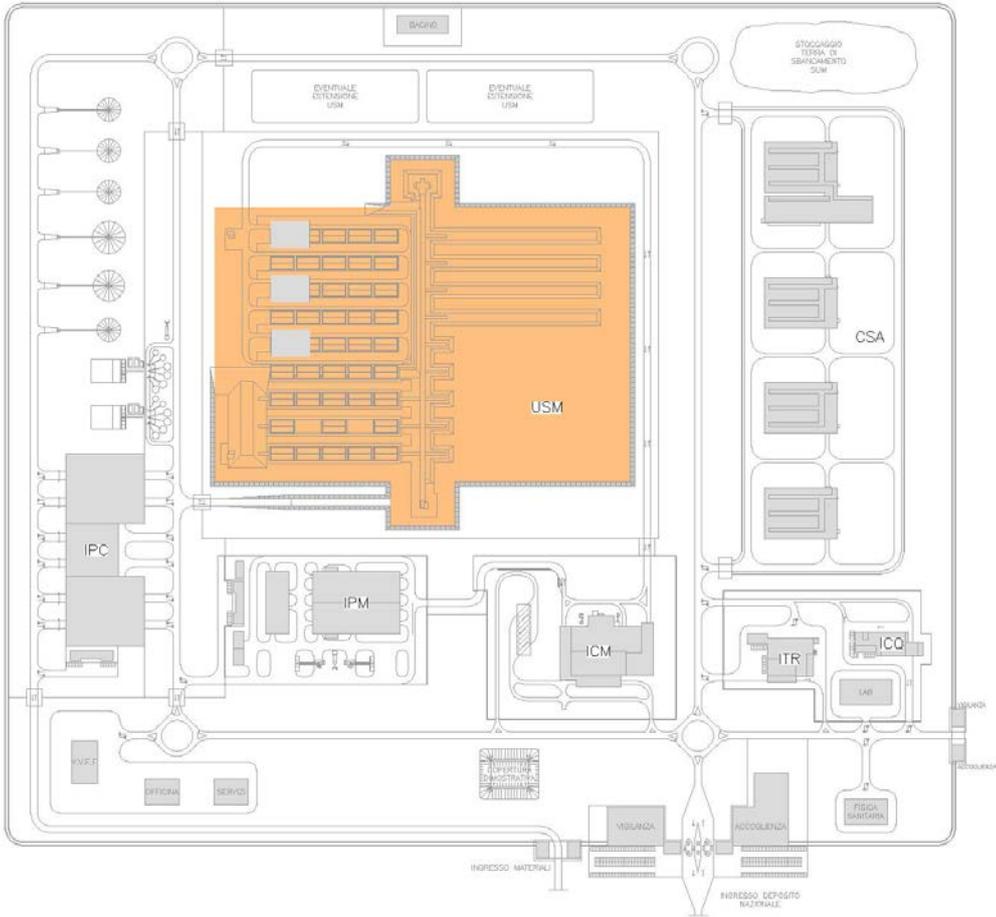


Figura 1 – Ubicazione USM nel complesso di sito

La posizione di questo impianto, come quella di tutti gli altri sul sito del DNPT, è funzione delle caratteristiche morfologiche del sito stesso. Tuttavia in generale si troverà all'interno di una propria area recintata in prossimità dell'Impianto di Confezionamento Moduli, dell'Impianto di Produzione Moduli ed in posizione adiacente all'Impianto di Produzione Celle.

La figura seguente mostra una rappresentazione di una cella con alcuni moduli al suo interno.

<p>Relazione Tecnica</p> <p>Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale</p>	<p>ELABORATO DN DN 00068</p> <p>REVISIONE 02</p>
---	--

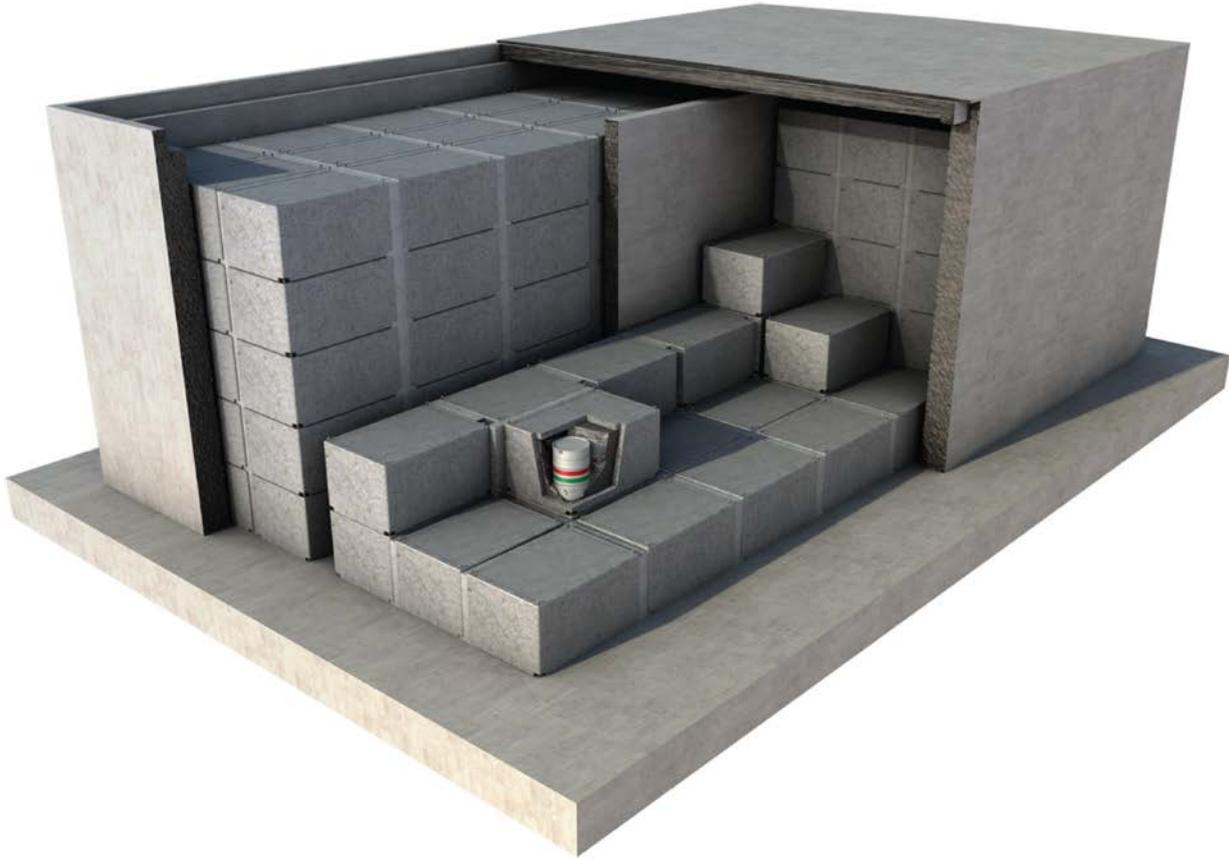


Figura 2 - Rappresentazione di una CdD con moduli al suo interno

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



5 DESCRIZIONE GENERALE DELL'USM

L'USM costituisce la destinazione ultima dei rifiuti radioattivi a bassa e media attività. L'impianto è costituito dall'insieme delle Celle di Deposito (CdD), ovvero di strutture ingegneristiche in calcestruzzo armato costituenti la terza barriera ingegneristica al rilascio di radionuclidi. Nelle celle vengono sistemati i moduli, ovvero i contenitori in calcestruzzo armato contenenti manufatti di rifiuti radioattivi di bassa e media attività che rappresentano un'ulteriore barriera statica all'eventuale rilascio radiologico nell'ambiente. L'USM è in grado di ospitare e proteggere i moduli con i rifiuti per tutto il tempo necessario al decadimento della radioattività in essi contenuta fino a livelli tali da non comportare rischi per l'uomo e l'ambiente (300 anni).

Sulla base dell'inventario dei rifiuti di bassa e media attività che saranno conferiti al Deposito Nazionale per la loro sistemazione definitiva, si prevede un'area di deposito che è complessivamente costituita da 9 file di 10 celle (Figura 3), ciascuna delle quali rappresenta un sistema indipendente che può essere caricato e gestito senza interferire con gli altri. Ogni cella è capace di accogliere 240 moduli disposti su cinque livelli. La progettazione delle celle è modulare e flessibile, pertanto è possibile un'eventuale estensione della capacità volumetrica e/o una variazione della disposizione delle celle stesse qualora le stime di inventario e/o le caratteristiche morfologiche del sito prescelto lo richiedessero.

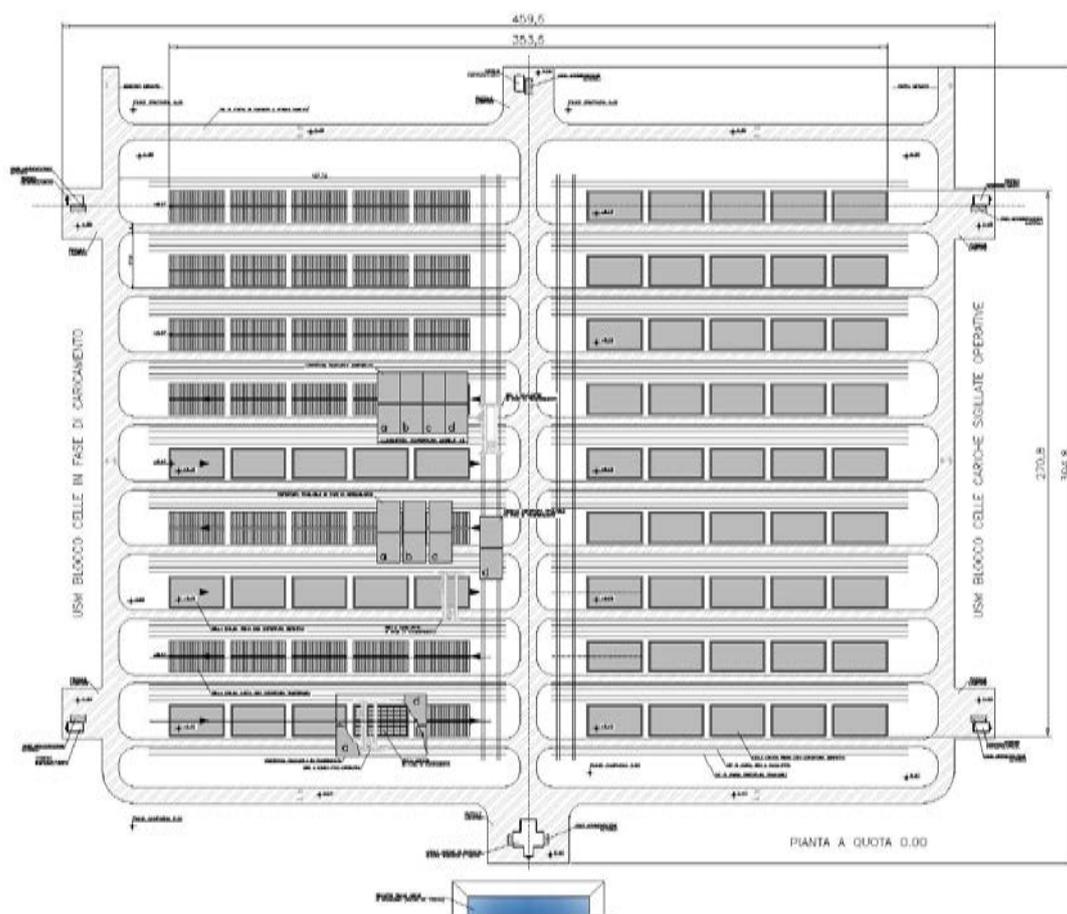


Figura 3 – Attuale planimetria USM [Rif. 11]

Le celle sono riempite per file e una successivamente all'altra. Completato il riempimento di una cella con 240 moduli, essa viene sigillata e impermeabilizzata. Alla fine del conferimento di tutti i manufatti e quando tutte le celle saranno piene, chiuse e sigillate, queste saranno ricoperte da più strati di materiale inerte di adeguate caratteristiche (copertura multistrato/collina – quarta barriera) con lo scopo di realizzare l'ottimale captazione e drenaggio delle acque meteoriche e conferire al sistema l'opportuna resistenza ad eventuali fenomeni erosivi. La copertura multistrato avrà anche la funzione di ritardare i fenomeni di degrado delle strutture in calcestruzzo costituenti la cella dovuti ad esempio ai cicli gelo/disgelo e secco/umido. L'ultimo strato sarà costituito da terreno vegetale per favorire una migliore integrazione visiva nel contesto ambientale.

Tra la fase di costruzione e quella di riempimento, ogni cella viene dotata di una protezione temporanea necessaria per impedire l'ingresso delle acque piovane e per proteggerne l'interno dalle intemperie. Durante la fase di riempimento invece, la protezione temporanea viene smontata e la cella viene coperta da un sistema copertura/gru a cavalletto mobili e traslabili su rotaie, che impedisce l'ingresso delle acque piovane e

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



protegge dalle intemperie tutta la fase di movimentazione e caricamento dei moduli nelle celle.

Attraverso la gru a cavalletto, i moduli sono sollevati dalla navetta di trasporto proveniente dall'Impianto Confezionamento Moduli e disposti all'interno delle celle su 5 livelli (6 x 8 x 5). Completato il riempimento della singola cella si procede all'inserimento di materiale inerte di opportuna granulometria (*backfill*) negli spazi tra i moduli, alla chiusura della stessa con elementi prefabbricati in cemento armato, al getto di sigillatura ed in fine alla impermeabilizzazione della cella.

Successivamente, la copertura mobile e la gru a cavalletto sono spostate lungo le vie di corsa a piano stradale e riposizionate sopra la cella successiva, per iniziare una nuova operazione di riempimento.

Al di sotto di ogni fila di celle è disposta una galleria tecnica di servizio, ispezionabile, utilizzata per l'alloggiamento dei collettori di raccolta dell'eventuale acqua di infiltrazione nelle celle e del collettore di drenaggio delle acque meteoriche raccolte dalle celle ancora vuote durante la fase pre-operazionale (celle vuote). Le gallerie sono collegate tra loro attraverso una galleria dorsale che ospita le tubazioni per l'invio dell'acqua alle vasche di raccolta da cui viene poi scaricata. Le gallerie sono ventilate per consentire il ricambio d'aria prima di un intervento di ispezione.

5.1 SISTEMA DISMALTIMENTO A BARRIERE MULTIPLE

L'unione di manufatto, modulo, CdD, copertura multistrato e sito costituisce un sistema del tipo a barriere multiple aventi la funzione di impedire la migrazione e la diffusione dei radionuclidi nella biosfera. Le barriere sono essenzialmente di tre tipi così raggruppabili:

- barriere ingegneristiche, costituite da *manufatto* (contenitore, rifiuto e matrice di condizionamento), *modulo*, *cella* (compreso il suo sistema fondale e la galleria tecnica ad essa integrata) e *copertura multistrato*
- barriera naturale, rappresentata dalla struttura geomorfologica del Sito che forma un contorno naturale all'USM

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



6 CRITERI DI PROGETTO DEL USME DEI SUOI COMPONENTI PRINCIPALI

L'attuale stima d'inventario nazionale dei rifiuti radioattivi di bassa e media attività da conferire a Deposito Nazionale include i rifiuti di origine energetica e quelli provenienti dalle attività medicali, industriali e di ricerca prodotti in passato e che continueranno ad essere prodotti nei prossimi 50 anni (10 da oggi fino all'entrata in esercizio e 40 di esercizio del deposito), nonché tutti i restanti rifiuti radioattivi di origine non energetica. A partire da questa stima e considerando un opportuno grado di incertezza, l'attuale progetto preliminare è basato su una volumetria complessiva corrispondente ad un massimo di 21600 moduli e quindi ad un numero di celle pari a 90.

L'area occupata complessivamente dall'USM è di circa 10 [ha] (esclusa la copertura multistrato) [Rif. 11], divisa in due gruppi da 9 file di 5 celle ciascuna, da una viabilità principale posta al centro dell'area di impianto ed in direzione perpendicolare alle file di celle. La distanza tra due file di celle è tale da garantire la posa di una doppia linea di binari, una a servizio delle unità di sinistra ed una a servizio delle unità di destra. Tra le due linee di binari è realizzata una corsia per lo scorrimento dei mezzi di trasporto. Una seconda corsia destinata alla viabilità dei mezzi è prevista lungo tutto il perimetro dell'impianto. Con questa configurazione ogni unità può essere caricata e gestita indipendentemente senza interferire con le altre file di celle.

Complessivamente nell'USM vengono svolte le seguenti operazioni [Rif. 20], [Rif. 19]:

- ricezione dei moduli dall'Impianto Confezionamento Moduli (ICM)
- inserimento e posizionamento dei moduli nelle CdD
- riempimento degli spazi inter modulari con materiale inerte
- chiusura e sigillatura delle CdD
- movimentazione della copertura mobile e della gru a cavalletto da una cella alla successiva al termine della fase di sigillatura ed impermeabilizzazione cella, e da una fila ad un'altra, al termine del completamento della fila stessa
- installazione e smontaggio della protezione temporanea della cella nella fase che va dalla sua costruzione al suo inizio riempimento

6.1 LE BARRIERE INGEGNERISTICHE

La sistemazione definitiva dei rifiuti è realizzata attraverso una serie di barriere ingegneristiche. Le barriere assicurano l'isolamento in sicurezza dei radionuclidi dall'ambiente per tempi sufficienti al loro decadimento fino a livelli tali da comportare

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



impatti radiologicamente trascurabili sull'uomo e sull'ecosistema². Il concetto *multibarriera* applicato prevede la realizzazione di barriere ingegneristiche in serie, alcune delle quali ridondate, per il confinamento dei radionuclidi su lunghe scale temporali, consentendo di rispettare i limiti imposti dall'Autorità di Controllo anche negli scenari incidentali.

Le barriere ingegneristiche sono rappresentate da:

- 1) MANUFATTO: insieme del contenitore, rifiuto e matrice di condizionamento
- 2) MODULO: contenitore in calcestruzzo speciale in cui i manufatti sono immobilizzati con malta cementizia (grout)
- 3) CELLA: struttura in calcestruzzo armato che ospita i moduli
- 4) COPERTURA MULTISTRATO: collina realizzata al termine della fase di esercizio, dopo il riempimento e la chiusura delle celle, che protegge le Celle di Deposito dalle azioni meteorologiche e antropiche

Le barriere costituiscono gli elementi cardine di contenimento e difesa dell'ambiente durante tutte le fasi di vita operativa del deposito stesso:

- fase di esercizio, in cui avviene il caricamento dei moduli nelle celle (40 anni)
- fase di chiusura, in cui si procede alla posa in opera della copertura multistrato (10 anni)
- fase di sorveglianza (controllo istituzionale), in cui il deposito chiuso viene monitorato e sorvegliato (300 anni)
- fase successiva al rilascio da vincoli radiologici (dopo i 350 anni di vita del deposito, post controllo istituzionale)

L'efficienza funzionale-strutturale (durabilità) delle barriere deve essere mantenuta per lunghi periodi di tempo (centinaia di anni) e per tale scopo i materiali ed i processi produttivi impiegati saranno adeguatamente qualificati.

L'affidabilità delle Barriere e la loro efficacia dipende dalla scelta dei materiali e dall'individuazione dei processi di realizzazione, valutando i parametri rappresentativi del loro comportamento in particolare per il contenimento dei radionuclidi e la resistenza strutturale.

² Livelli di dose comunemente adottati in depositi internazionali si attestano su valori pari a una frazione del fondo naturale (0,1 – 0,3 mSv/anno contro un fondo da radioattività naturale di circa 2 mSv/anno)

<p>Relazione Tecnica</p> <p>Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale</p>	<p>ELABORATO DN DN 00068</p> <p>REVISIONE 02</p>
---	--



6.1.1 Il Modulo e il grout

I moduli costituiscono, insieme al *grout* di immobilizzazione, la seconda barriera ingegneristica di confinamento dei rifiuti radioattivi.

I moduli sono costituiti da strutture scatolari parallelepipedo in calcestruzzo speciale³ specificatamente progettati per alloggiare i manufatti cilindrici e prismatici che saranno conferiti al DN. I manufatti sono immobilizzati con una speciale malta cementizia (*grout*). Le pareti laterali interne del modulo sono opportunamente sagomate in modo che, dopo la presa del *grout*, il contenitore e i manufatti costituiscano un unico monolite. I moduli sono chiusi e sigillati con un coperchio anch'esso in conglomerato cementizio.

Ai moduli è inoltre affidata la funzione di *retrievability*, cioè la funzione di mantenimento delle caratteristiche strutturali e funzionali tali da consentire l'eventuale recuperabilità del modulo durante il periodo di controllo istituzionale.

Il sistema Modulo+Grout è realizzato interponendo uno strato uniforme e non discontinuo di *grout* intorno ai manufatti dello spessore di almeno 50 mm.

Per soddisfare tale requisito è necessario prevedere la presenza di "cestelli" metallici di posizionamento adatti ad accogliere tipologie diverse di manufatti. Il cestello in particolare deve poter essere centrato e posizionato all'interno del modulo in modo da garantire l'immobilizzazione dei manufatti durante la fase di *grouting*, distanziandoli sia fra di loro, sia dalla parete interna del modulo, compresi fondo e coperchio.

I requisiti funzionali richiesti al *modulo+grout* sono:

- vita utile 350 anni
- resistenza ai carichi di progetto dovuti ad eventi interni ed esterni
- specifiche caratteristiche dimensionali (come sopra detto)
- resistenza ad un campo di irraggiamento (per un periodo di 350 anni)
- funzione di barriera idraulica
- funzione di barriera chimica (barriera alla migrazione dei radionuclidi)
- impilabilità a 5 livelli
- movimentabilità dall'alto

Come visibile nella figura seguente, ai quattro spigoli delle pareti sono posizionati agganci di tipo twist-lock per il sollevamento e la relativa movimentazione. Il fondo del modulo è dotato di opportuni recessi, disegnati in modo da consentirne l'impilaggio.

³ Negli studi di approfondimento e maggior definizione del modulo (*Qualifica Barriera*) si sta prendendo in considerazione anche l'utilizzo di calcestruzzo fibrorinforzato

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---

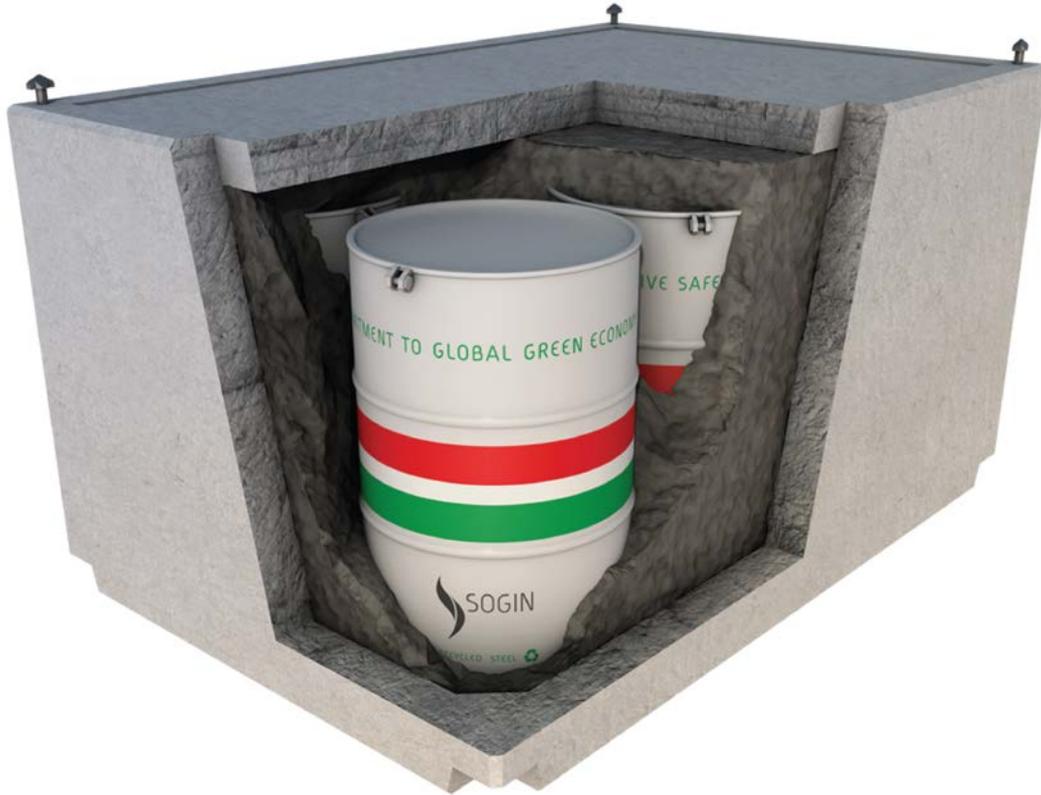


Figura 4 - Rappresentazione del modulo con i manufatti

Le dimensioni interne e quelle esterne ad oggi definite per il modulo sono di seguito indicate:

	Dimensioni Interne [m]	Dimensioni Esterne [m]
Lunghezza	2,75	3,05
Larghezza	1,79	2,09
Altezza	1,37	1,7

Le dimensioni indicate costituiscono i dati di base per il progetto degli altri elementi d'impianto quali ad esempio le celle.

I dettagli costruttivi del modulo sono indicati nel documento di cui al [Rif. 28] relativo all'Impianto Produzione Moduli.

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



6.1.2 La Cella di Deposito

La Cella di Deposito (CdD) è una struttura scatolare a vasca in calcestruzzo armato al cui interno vengono disposti su più livelli i moduli di deposito contenenti i rifiuti radioattivi condizionati. La CdD costituisce la terza barriera ingegneristica di confinamento dei rifiuti radioattivi.

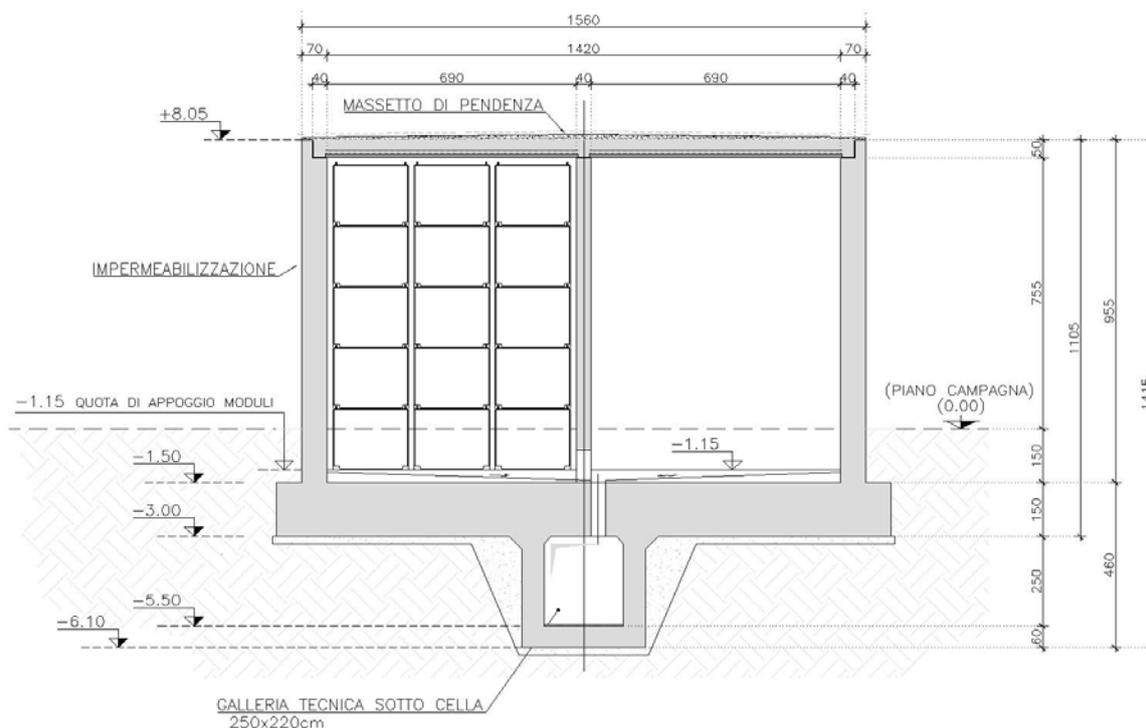


Figura 5 – Sezione trasversale cella di deposito

Essa dovrà garantire per un periodo di almeno 350 anni le funzioni principali di isolamento dei moduli da potenziali infiltrazioni di acqua, impedendo la migrazione dei radionuclidi verso l'ambiente esterno.

Ogni cella costituisce un organismo strutturale indipendente e ha dimensioni sufficienti ad alloggiare 240 moduli organizzati in due settori separati da un setto longitudinale (con funzione di rompitratta delle sovrastanti dalle di chiusura della cella) ognuno secondo una griglia di 8 moduli x 3 moduli x 5 moduli. Il progetto ad oggi prevede le seguenti dimensioni esterne: 27,15m x 15,60m x 10 m.

Non essendo in questa fase ancora note le caratteristiche morfologiche del sito ove verrà realizzato il deposito, la fondazione delle celle ad oggi indicata rappresenta esclusivamente un indirizzo progettuale di massima da sviluppare una volta noti i parametri geotecnici del sito di ubicazione.

<p>Relazione Tecnica</p> <p>Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale</p>	<p>ELABORATO DN DN 00068</p> <p>REVISIONE 02</p>
---	--



I requisiti funzionali richiesti alla cella sono:

- durabilità per 350 anni
- resistenza ai carichi di progetto dovuti ad eventi interni ed esterni
- facilità di realizzazione (ad esempio con l'impiego di elementi prefabbricati a perdere per il successivo getto della soletta in c.c.a. di sigillatura)
- assenza di giunti in elevazione e in fondazione
- assenza di difettosità durante la realizzazione (ad es. dovute a fenomeni di ritiro)
- spessori delle pareti e delle solette tali da garantire la funzione di schermaggio necessaria, la stabilità strutturale e la lavorabilità dei getti
- efficacia nell'azione di isolamento dei moduli da potenziali infiltrazioni di acqua
- limitazione e ritardo alla migrazione dei radionuclidi verso l'ambiente esterno

Il fondo della cella è realizzato in modo da garantire nello stesso tempo il corretto impilaggio dei moduli ed il drenaggio delle eventuali acque di infiltrazione verso l'inserito di scarico. Per queste ragioni, sul fondo della cella viene realizzato un massetto impermeabilizzato in pendenza verso l'inserito di fondo cella sopra il quale si getta un altro massetto drenante in calcestruzzo poroso livellato che renda piano il fondo della cella per permettere un impilaggio stabile dei moduli.

Come già detto, la struttura della singola cella è realizzata senza giunti in elevazione mentre le fondazioni delle singole celle sono collegate con quelle delle celle contigue attraverso appositi giunti.

La fondazione delle celle è costituita da una platea di fondazione a contatto col terreno a quota -3,00 m rispetto al piano campagna ed ha dimensioni in pianta pari a 30,15 m × 17,00 m [Rif. 12].

In fondazione è presente una galleria centrale che percorre la cella per tutta la lunghezza (in senso longitudinale): ha una larghezza di 2,20 m ed altezza di 2,50 m. Queste dimensioni sono dettate dalla necessità di rendere la galleria accessibile per il controllo periodico delle eventuali infiltrazioni nonché per consentire eventuali interventi come la sistemazione delle condotte di convogliamento delle acque.

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---

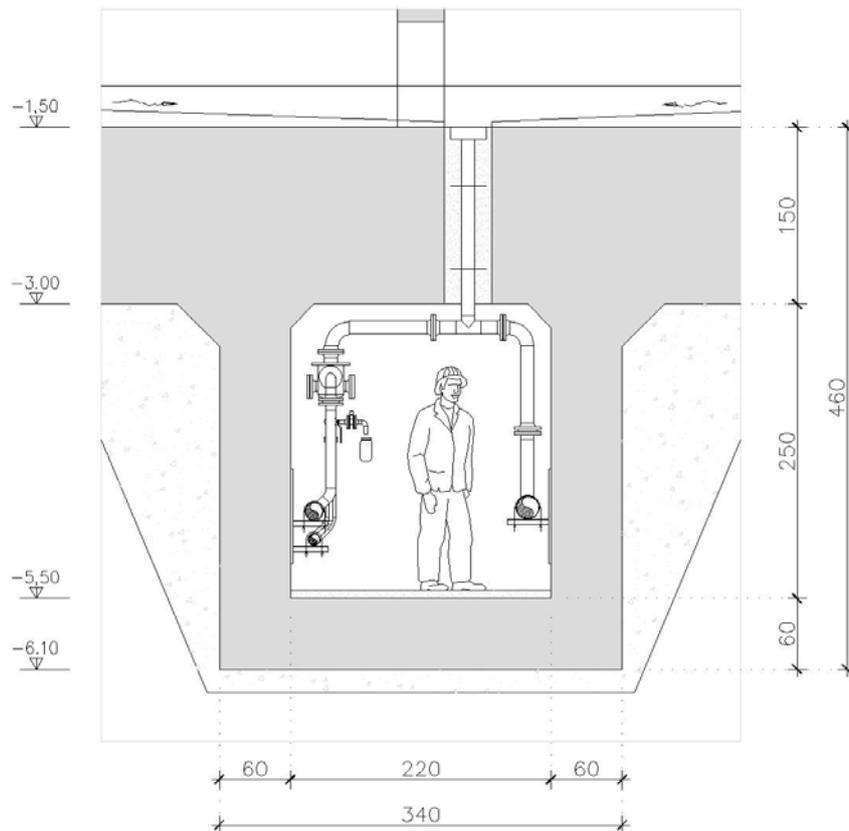


Figura 6 – Particolare galleria tecnica centrale

La quota di imposta della fondazione è stabilita ad una profondità sotto il piano campagna, compromesso tra la necessità di evitare profondità eccessive, per massimizzare la distanza dal livello massimo di falda, e l'esigenza di evitare una eccessiva altezza delle strutture fuori terra (copertura mobile e gru a cavalletto) e del rilevato della copertura multistrato.

La struttura in elevazione della cella è costituita da:

- 4 pareti perimetrali in c.a. dello spessore di 70 cm
- 1 setto centrale in c.a. in direzione longitudinale dello spessore di 40 cm

All'interno il setto centrale divide la cella in due parti uguali ed ha sia funzione strutturale di irrigidimento, sia di supporto agli elementi di chiusura e sigillatura della cella [Rif. 20].

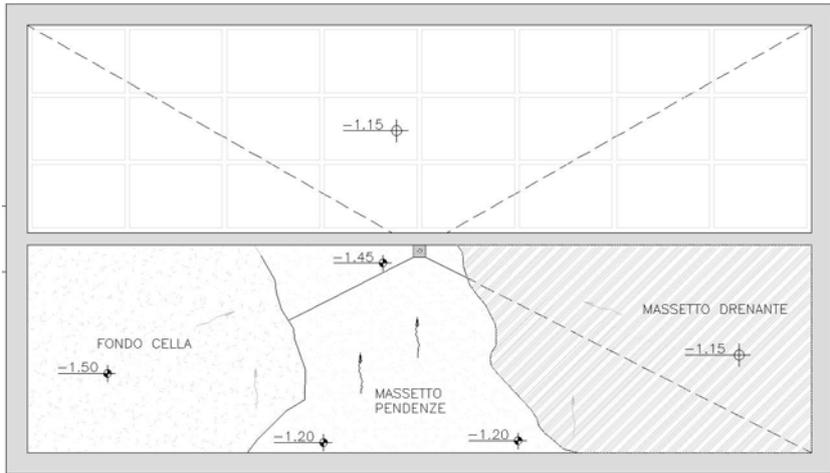


Figura 7 – Pianta cella

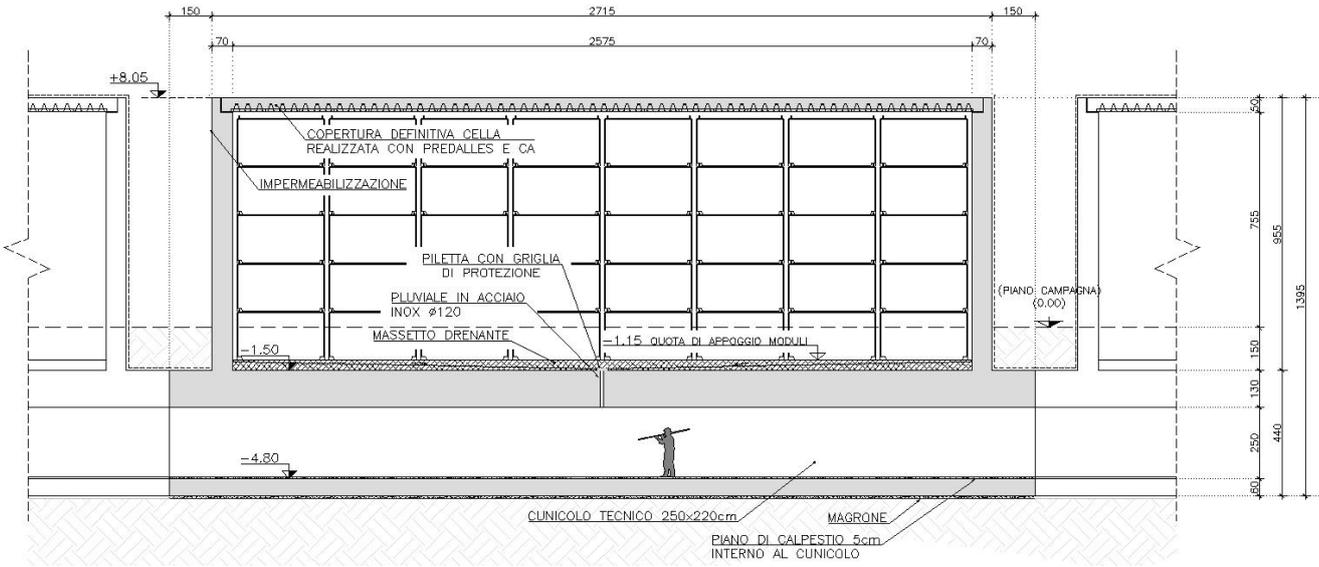


Figura 8 – Sezione longitudinale cella in mezzera

Ogni cella è in grado di ospitare 240 moduli disposti su 5 livelli: in ogni semicella sono posizionati in pianta 24 moduli secondo una disposizione rettangolare 3 x 8 [Rif. 12]. Le dimensioni complessive esterne della cella ad oggi sono:

	Dimensioni [m]
Lunghezza	27,15
Larghezza	15,60
Altezza da piano campagna	7,95
Altezza da piano di posa fondazione	9,55

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



La chiusura definitiva delle celle di deposito è realizzata mediante l'impiego di predalle, di larghezza 120 cm e spessore di 10 cm, e getto in calcestruzzo di spessore 40 cm (spessore totale 50 cm). Gli elementi prefabbricati, sono poggiati sulla parete della cella da un lato e sul setto interno dell'altro.

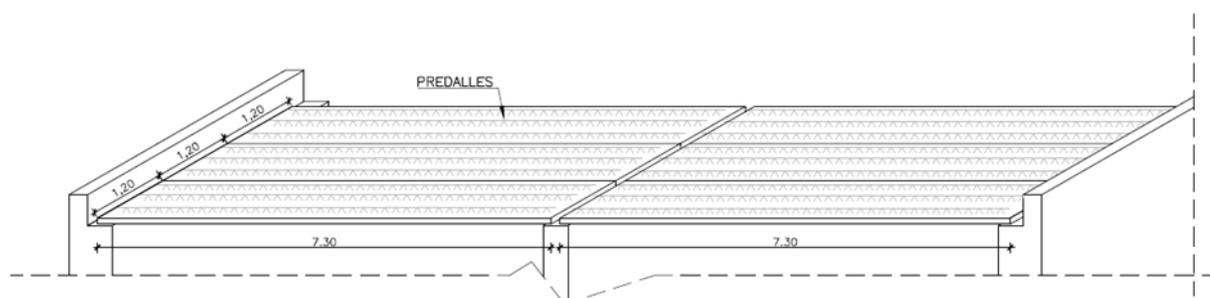


Figura 9 – Predalle copertura cella

Una volta completato il getto di sigillatura della soletta di copertura, la cella viene completamente impermeabilizzata. Sulla copertura, prima dell'impermeabilizzazione, è posato un massetto specifico per la realizzazione di pendenza, del tipo a doppia falda, per favorire il deflusso delle acque meteoriche (fase di esercizio) e delle acque eventualmente infiltrate attraverso gli strati della copertura finale (fase di controllo istituzionale).

La cella deve avere caratteristiche tali da assicurarne la durabilità per tutto il periodo del controllo istituzionale.

6.1.3 La protezione temporanea

Poiché ogni cella, dopo la sua costruzione, vive una fase in cui resta vuota in attesa del caricamento dei moduli, essa deve essere protetta per impedirne soprattutto il degrado interno. Perciò, una volta conclusa la sua realizzazione, la cella viene coperta superiormente attraverso una protezione temporanea che la ripara dagli agenti atmosferici. Essa è realizzata mediante tralicci metallici posti trasversalmente alla cella in numero sufficiente a garantirne la stabilità, e coperti con pannelli con dimensioni superiori a quelle della cella, tali da garantire il deflusso esterno delle acque meteoriche. La copertura viene poggiata e fissata sulle pareti delle celle e staziona su ogni CdD fino all'arrivo dei moduli.

La protezione temporanea della CdD ha la funzione di:

- impedire l'ingresso degli agenti atmosferici nella cella fino all'inizio della fase di caricamento

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



- permettere una movimentazione ed un montaggio facile e rapido
- consentire lo smontaggio ed il riposizionamento su altra CdD

La protezione temporanea è una struttura modulare (formata da più sezioni) in carpenteria metallica per minimizzarne il peso e gli ingombri ed avere nel contempo flessibilità e facilità di movimentazione. Ogni sezione è costituita da due capriate collegate da arcarecci sui quali viene bullonata una lamiera grecata a copertura della sezione stessa; gli stessi profili sono utilizzati per collegare i correnti inferiori delle due capriate. Per coprire una cella sono necessarie 9 sezioni che vengono accostate le une alle altre in modo tale da impedire il passaggio dell'acqua verso l'interno.

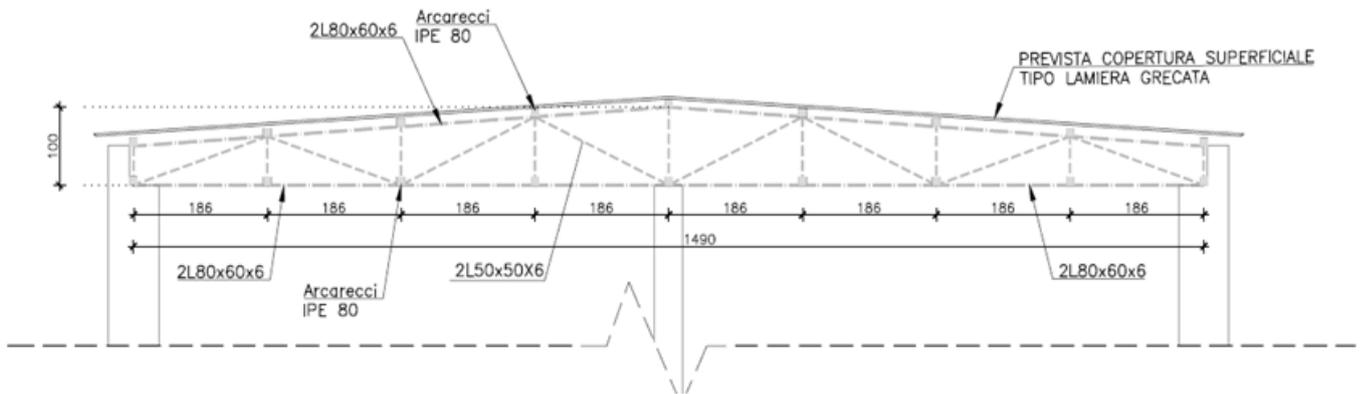


Figura 10 –Sezione trasversale della protezione temporanea

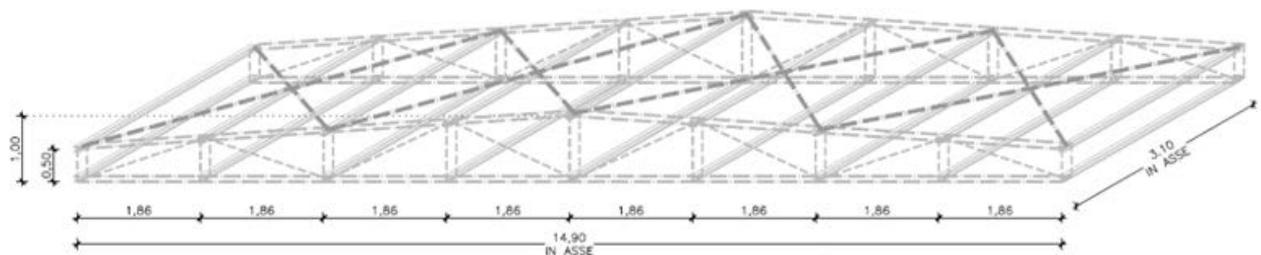


Figura 11 – Assonometria di una sezione della protezione temporanea

La struttura poggia su entrambi le pareti perimetrali longitudinali della cella e sul setto centrale.

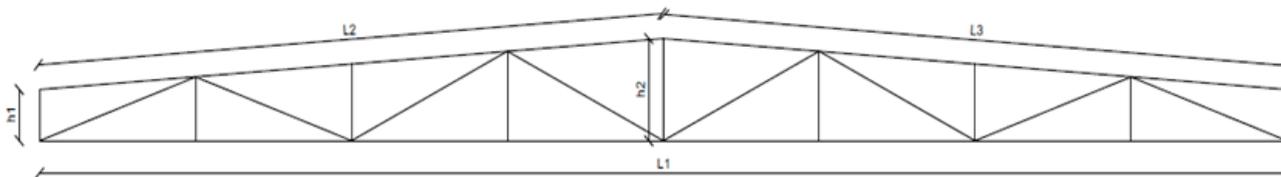


Figura 12 – Struttura della singola capriata

La struttura è considerata di tipo convenzionale, non essendovi rischio di dispersione di materiale radioattivo durante le fasi precedenti alla messa a dimora dei moduli; di conseguenza la sua progettazione di dettaglio risponderà agli standard della normativa vigente per resistere ai massimi carichi ambientali (vento, neve, sisma regolamentare) previsti per il Sito di installazione. L'assieme della struttura è rappresentato nella tavola di cui al [Rif. 29].

6.1.4 La copertura mobile

Nelle fasi che vanno dal riempimento con i moduli alla chiusura e sigillatura, le CdD vengono protette e servite da una copertura traslabile che scorre longitudinalmente su rotaie. La copertura staziona su ogni CdD nelle fase operativa di caricamento dei moduli ed è attrezzata con un sistema indipendente di sollevamento e movimentazione costituito da una gru a cavalletto, descritta nel paragrafo successivo. Le due strutture, copertura mobile e gru a cavalletto, sono azionabili separatamente e si muovono con motorizzazioni indipendenti su vie di corsa dedicate fondate al suolo.

L'impiego di una gru a cavalletto anziché un carroponete ancorato alla copertura consente di massimizzare la flessibilità operativa e di mantenere il carattere di "struttura metallica leggera" per la copertura mobile, senza affidarle il compito di struttura di forza per il sostegno dei carichi di sollevamento e movimentazione del carico.

Al termine della fase operativa, con il completamento del caricamento e della sigillatura della cella, i relativi sistemi (copertura mobile e gru a cavalletto) sono trasferiti alla cella successiva pronta per essere riempita, una volta rimossa la protezione temporanea.

Le principali funzionalità della copertura mobile sono:

- impedire l'ingresso di acque meteoriche nella cella in fase di caricamento
- proteggere dagli agenti atmosferici i moduli durante la loro movimentazione, sollevamento e deposito entro le celle
- alloggiare al coperto il sistema di movimentazione dei moduli, con il relativo sistema di controllo, consentendone la completa operabilità

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



- permettere la realizzazione della soletta di chiusura ed il sistema provvisorio di impermeabilizzazione della cella in condizioni controllate e protette dagli agenti atmosferici
- permettere la facile traslazione, mediante movimento su proprie vie di corsa, indipendenti da quelle del sistema di sollevamento, da una cella a quella successiva della stessa fila
- consentire il riposizionamento su un'altra fila di celle.

La progettazione preliminare della copertura temporanea si basa sui seguenti criteri generali:

- le dimensioni della struttura devono essere sufficienti per la copertura della superficie di una singola cella, dell'adiacente area di scarico dei mezzi di trasporto moduli e per l'alloggiamento del sistema di sollevamento (gru a cavalletto)
- l'unità di copertura deve essere dotata di vie di corsa e di motorizzazione propria che ne consentano il trasferimento da una posizione all'altra, lungo l'asse della fila di celle, nei tempi stabiliti e in qualunque condizione climatica, con il solo limite sulla intensità del vento
- la struttura deve essere dotata di appositi dispositivi per il suo ancoraggio a terra durante le fasi operative
- la rilocazione su altra fila di USM deve essere resa possibile e semplice per mezzo di opportuni meccanismi di traslazione/rotazione
- la struttura è considerata di tipo convenzionale, di conseguenza la sua progettazione di dettaglio dovrà rispondere agli standard della normativa vigente per resistere ai massimi carichi ambientali (vento, neve, sisma, etc.) previsti per il sito di installazione

L'interasse dei binari della copertura mobile è di 28 m. Lungo tali binari sono dislocati in posizione fissa i dispositivi per il fissaggio della copertura mobile, per il tempo necessario al riempimento di una cella.

La distanza tra le pareti delle celle di due file contigue è pari a circa 16.3 m [Rif. 13].

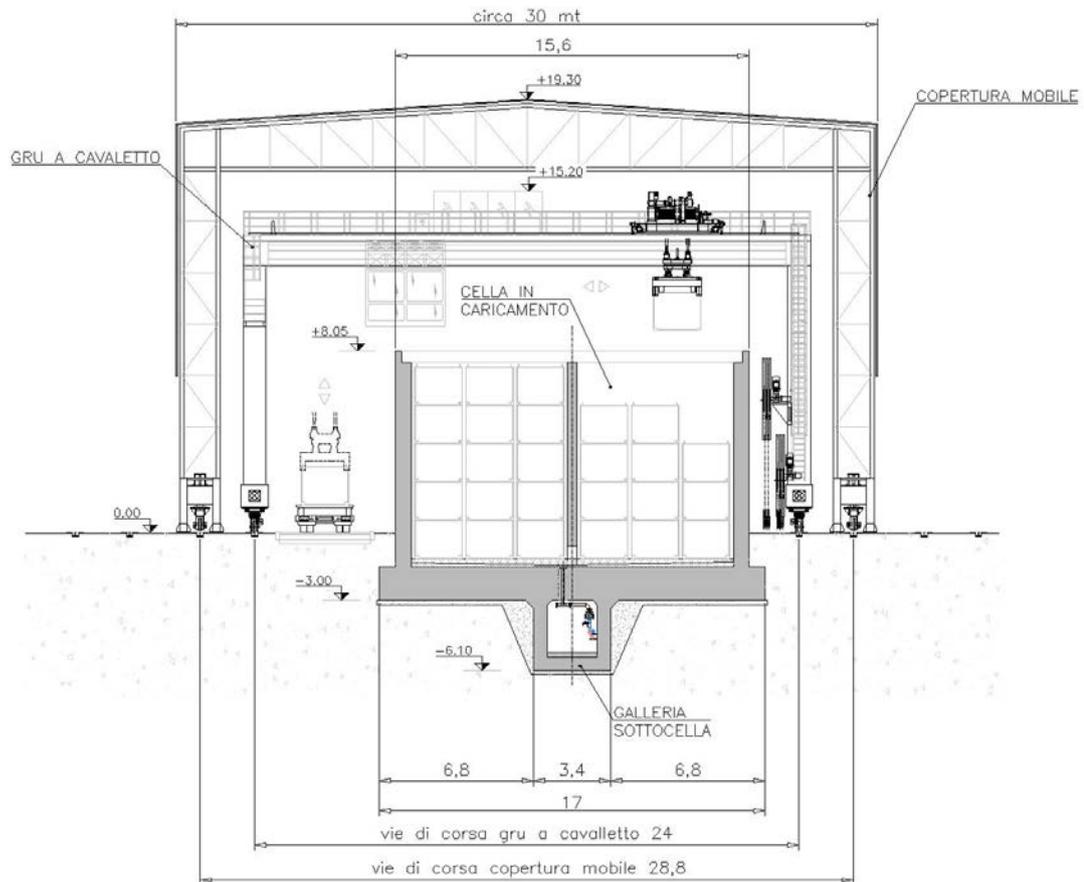


Figura 13 – Vista frontale cella USM (fase di caricamento)

Al fine di rispettare le tempistiche previste dall'attuale "Piano di conferimento dei manufatti al DN" e per tenere in conto periodi di fermo impianto per guasti o manutenzioni, sono previsti 3 sistemi copertura mobile/gru a cavalletto (vedi capitolo 8).

6.1.4.1 Struttura della Copertura Mobile

La struttura della copertura mobile è in carpenteria metallica modulare composta da blocchi traslabili di lunghezza pari a 10,5 m circa e larghezza pari a 31 m circa. Tali blocchi sono accostabili ma rimangono indipendenti tra loro: i blocchi strutturali necessari alla copertura di una singola cella in fase di caricamento sono 4, per una lunghezza complessiva di circa 43 m. I singoli blocchi in fase di caricamento e sigillatura delle celle sono fissati al suolo tramite tirafondi e costituiscono una struttura metallica fissata al suolo, realizzata da montanti e capriate con controventi longitudinali.

Gli stessi blocchi, ultimata la sigillatura di una cella, hanno la possibilità di traslare in senso longitudinale su appositi binari e posizionarsi sulla successiva cella. Il sistema di traslazione è costituito da quattro carrelliere (due per montante), composta ognuna da quattro ruote, e la movimentazione in senso longitudinale è garantita da quattro motori,

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



uno per ogni carrelliera. Il sistema di sollevamento della copertura è oleodinamico e viene attivato nel momento in cui i singoli blocchi devono traslare su celle vicine. Infine le carrelliere, anch'esse a motorizzazione oleodinamica, sono pivottanti e consentono la traslazione orizzontale su binari disposti a 90° rispetto a quelli longitudinali in modo da poter passare su file di celle adiacenti [Rif. 13], [Rif. 19].

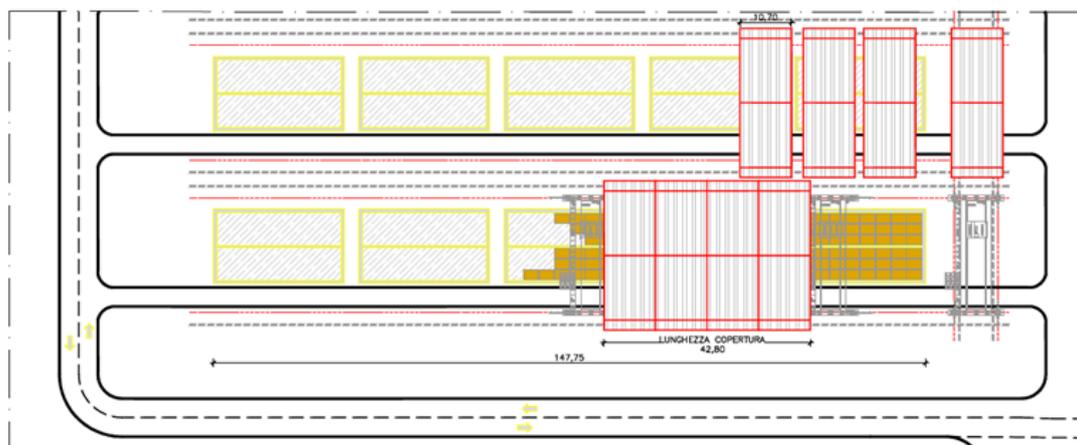


Figura 14 – Stralcio planimetria USM

La figura mostra l'ingombro dei quattro blocchi che costituiscono la copertura mobile necessari a coprire una cella. A fronte della lunghezza complessiva di una cella di circa trenta metri è necessario garantire la copertura di almeno 40 metri in modo da offrire una adeguata protezione per le precipitazioni meteoriche. La dimensione trasversale è sufficiente per contenere la gru di movimentazione dei moduli e la corsia stradale di accesso dei mezzi di trasporto. L'altezza è quella minima necessaria e sufficiente per la movimentazione in sicurezza dei moduli al di sopra delle pareti delle celle. Di conseguenza, la geometria del singolo blocco di copertura, tale da garantire le movimentazioni per il caricamento dei moduli, il riempimento con materiale inerte, la sigillatura e l'impermeabilizzazione della cella, ha le seguenti dimensioni:

- larghezza netta interna pari a 27 m
- larghezza esterna pari a 31 m
- lunghezza pari a circa 10.5 m
- altezza interna pari a 16 m
- altezza di colmo pari a 19 m

Date le dimensioni rilevanti si è deciso l'utilizzo della seguente tipologia strutturale:

- copertura a doppio spiovente, con completa controventatura di falda

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



- telai trasversali rigidi, monopiano e monocampata, con piedritti e traversi reticolari
- telai longitudinali completamente controventati
- vincoli di piede a cerniera (per impiego di ruote di scorrimento)

Si riportano in figura la vista frontale e laterale della struttura modulare, da cui si evincono anche i rispettivi profili metallici. In sostanza il singolo blocco è costituito da tre portali in carpenteria metallica collegati tramite controventi longitudinali e di falda.

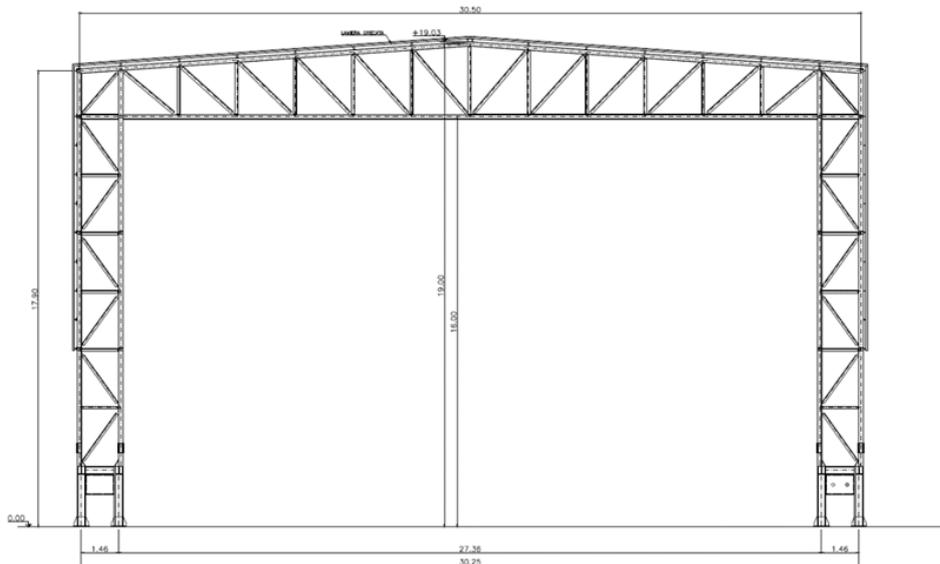


Figura 15 – Vista frontale del singolo blocco della copertura mobile

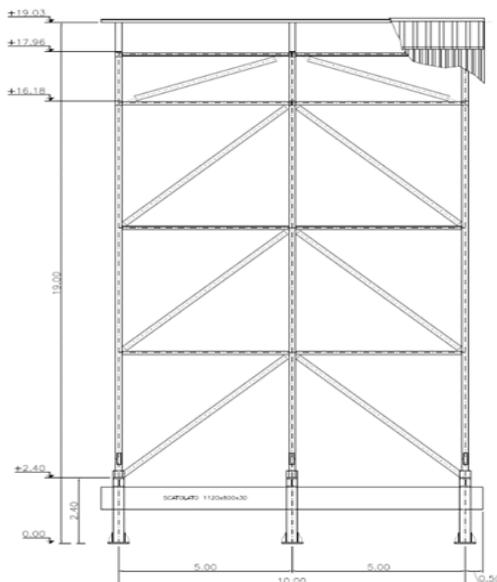


Figura 16 – Vista laterale del singolo blocco della copertura mobile

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



6.1.5 Gru a Cavalletto

Le file di celle sono servite da gru a cavalletto utilizzate per tutte le operazioni di movimentazione su ogni cella. Ogni gru è impiegata per le operazioni di sollevamento moduli ed il loro posizionamento all'interno delle celle di deposito. Sono inoltre affidate a tale macchina tutte le operazioni necessarie alla chiusura e sigillatura delle celle stesse come il riempimento degli spazi intermodulari con materiale inerte e la realizzazione della sigillatura.

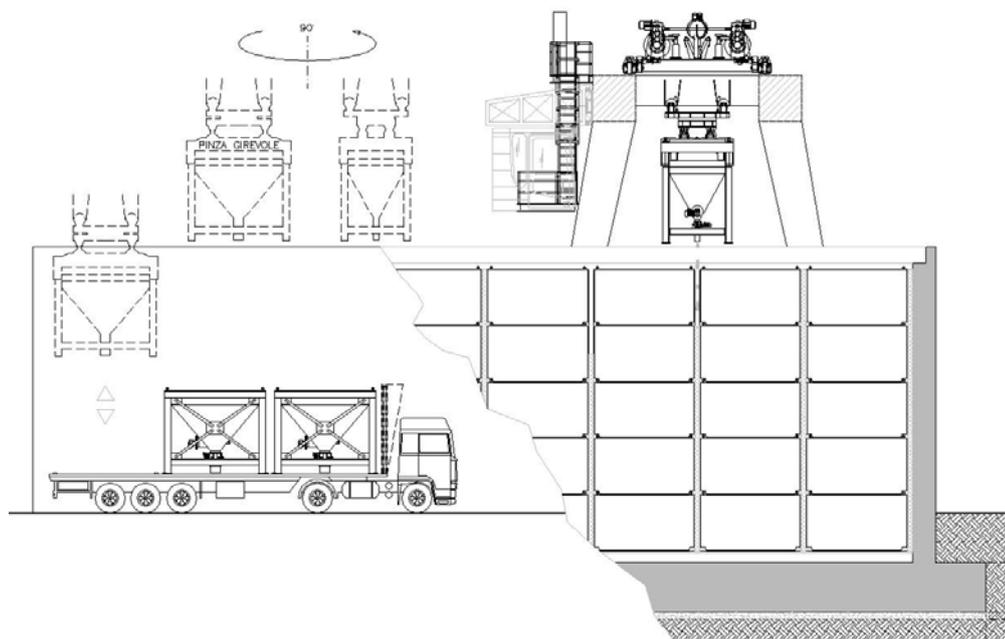


Figura 17 – Gru a cavalletto nella sua fase operativa

Le principali funzionalità della gru a cavalletto sono:

- permettere il sollevamento dei moduli dal relativo mezzo di trasporto ed il loro posizionamento all'interno delle celle
- consentire la movimentazione delle attrezzature necessarie per tutte le operazioni da effettuare nelle celle e sopra le celle
- consentire un'agevole traslazione da una cella all'altra
- consentire un'agevole smontaggio e riposizionamento su altra fila di celle
- consentire il comando delle movimentazioni sia da postazione sopra cella che da pulsantiera remota

La progettazione preliminare della gru a cavalletto si basa quindi sui seguenti criteri generali:

- possibilità di movimentare diversi tipi di carico (moduli, travi, predalle, ecc.)

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



- portata sufficiente per poter movimentare in sicurezza il maggior carico previsto (più ovviamente il peso del telaio di aggancio)
- progettazione “single failure proof”, in modo che a fronte di un singolo guasto ad un componente meccanico e/o elettrico
 - non si abbia il rilascio dell’unità di carico o, più semplicemente uno sbilanciamento della stessa
 - sia possibile completare in sicurezza l’operazione in corso e/o recuperare la macchina nell’area di manutenzione

Allo scopo, i componenti essenziali per la tenuta del carico (quali: motori, riduttori, freni, sistemi di rinvio, funi, sistemi di controllo) sono raddoppiati o, se ciò non è tecnicamente possibile, sono realizzati in modo da avere fattori di sicurezza maggiorati, rispetto alla più gravosa delle condizioni operative.

Il comando della macchina avviene:

- localmente: i movimenti della macchina sono gestiti solo dietro comando impartito dall’operatore da cabina di comando, montata su una trave del ponte e movimentata lungo la direzione trasversale della gru in maniera indipendente dal carrello
- in remoto: un sistema TVCC permette all’operatore di supervisionare e comandare da sala controllo tutte le operazioni necessarie per il compimento di un ciclo operativo

Il funzionamento in automatico della macchina prevede l’esecuzione di un ciclo operativo per le attività di caricamento moduli, caricamento inerte e chiusura della cella. Ogni ciclo è composto da una sequenza di operazioni; al termine di ogni singola operazione, l’operatore dà il consenso per l’avvio dell’operazione successiva. In caso di ravvisata anomalia, l’operatore interviene, bloccando la manovra e proseguendo in manuale. Le operazioni di caricamento delle celle di deposito sono normalmente previste in automatico.

Il dimensionamento della struttura è riportato in dettaglio nel documento di cui al [Rif. 14].

6.1.5.1 Struttura della Gru a Cavalletto

La gru in esercizio all’interno dell’impianto USM è costituita da un portale i cui elementi sono i montanti (cavalletto) e la traversa (ponte). La struttura delle travi del ponte è a cassone, realizzata con lamiere elettrosaldate dimensionate per resistere alle sollecitazioni verticali e laterali in qualunque condizione di lavoro. La struttura dei montanti della gru è realizzata con lamiere di acciaio elettrosaldate a formare dei profili scatolari con geometria a sezione variabile: le travi sono dimensionate per essere verificate ad instabilità elastica a

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



compressione. Il cavalletto è inferiormente dotato di ruote motrici che scorrono su rotaie incassate rispetto alla quota del pavimento. L'interasse delle rotaie della gru a cavalletto è pari a 24 m.

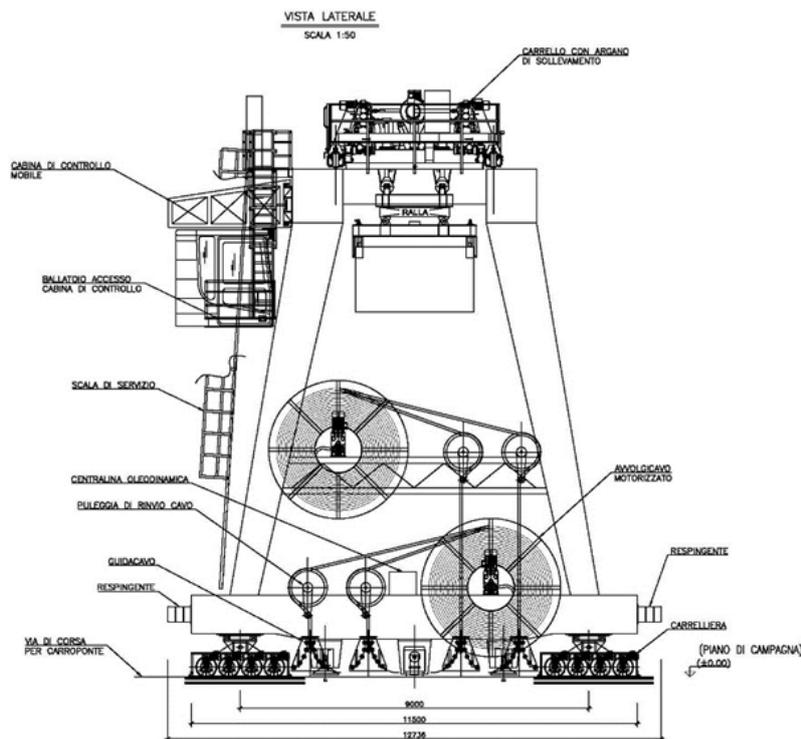


Figura 18 – Vista laterale gru a cavalletto

La traversa consiste di due travi parallele su ognuna delle quali è situato un binario per lo scorrimento di un carrello che sostiene l'argano di sollevamento. Il carrello è composto da un telaio in profilati e lamiere elettrosaldate, sul quale sono collocati gli azionamenti del sistema di sollevamento. Combinando il movimento del carrello (in direzione trasversale) con quello del cavalletto (in direzione longitudinale) è possibile per il bozzello dell'argano raggiungere qualsiasi punto della cella di deposito. La movimentazione della gru avviene su rotaie poste ai due lati della fila di celle (rotaie longitudinali) mediante quattro carrelli da quattro ruote ciascuno. I carrelli sono pivottanti, ovvero possono essere ruotati di 90° intorno all'asse verticale, previo sollevamento della sezione su martinetti oleodinamici, per consentire la movimentazione sulle rotaie trasversali poste alla testata delle unità di deposito utilizzate la rilocazione su una unità di celle successiva [Rif. 16].

Poiché l'alimentazione elettrica delle apparecchiature a bordo gru è realizzata mediante cavi elettrici, la macchina è provvista di due tamburi avvolgicavo motorizzati. Tutti i punti di presa della corrente sono posizionati in corrispondenza dell'estremità di ogni fila di celle lungo il lato opposto a quello in cui si trova la galleria centrale di raccolta e convoglio delle acque di scarico: in testa ad ogni fila di celle è installato un quadro elettrico di derivazione

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



delle alimentazioni elettriche. La movimentazione della gru lungo le rotaie trasversali, durante il passaggio da una fila di celle alla successiva, prevede la disconnessione dei cavi dal punto di presa della corrente e la successiva alimentazione delle carrelliere di traslazione della macchina, della centralina oleodinamica collegata ai martinetti di sollevamento e del freno di stazionamento mediante un gruppo elettrogeno; il gruppo, posizionato su una piattaforma carrellata, segue lo spostamento della gru con un controllo locale da parte dell'operatore. Dopo la rotazione delle carrelliere e prima dell'inizio delle operazioni di caricamento dei moduli all'interno della prima cella della nuova fila, si provvede al riallaccio elettrico dei cavi.

6.1.6 **Backfill**

Negli interspazi vuoti tra i moduli caricati nella cella è disposto materiale inerte (*Backfill*), con caratteristiche specifiche e che non costituirà un blocco unico di materiale.

Il backfill dovrà quindi:

- avere una granulometria tale da consentire un agevole riempimento degli spazi fra i moduli al termine del caricamento della Cella
- permettere l'eventuale recuperabilità dei moduli
- assicurare la compatibilità chimica con i materiali del modulo e della cella
- favorire il drenaggio verso il basso di eventuali infiltrazioni d'acqua

6.1.6.1 **Attrezzature e modalità riempimento spazi intermodulari**

Al fine di minimizzare gli spazi vuoti tra i moduli all'interno della cella, si procede al riempimento con materiale inerte. La movimentazione del materiale dal deposito di stoccaggio inerti all'interno delle intercapedini modulari è realizzata da un sistema combinato di fork-lift, big-bag, apparecchiatura svuota big-bag, coclee di iniezione e tramoggia di caricamento. Quest'ultima viene impiegata per la fase finale del riempimento: dopo la fase di ricarica, essa viene movimentata in verticale attraverso il sistema di sollevamento della gru [Rif. 30]. Una volta raggiunta la quota di riferimento, la gru movimentata la tramoggia stessa nelle posizioni di scarico della sabbia: si procede prima al riempimento delle intercapedini lungo la direzione longitudinale della cella poi di quelle in direzione trasversale, come meglio dettagliato nel documento di cui al [Rif. 14]. La geometria della tramoggia è ottimizzata in funzione di alcuni vincoli quali l'angolo di riposo del materiale, la dimensione della bocca di scarico ed il sistema di aggancio al bozzello della gru.

<p>Relazione Tecnica</p> <p>Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale</p>	<p>ELABORATO DN DN 00068</p> <p>REVISIONE 02</p>
---	--

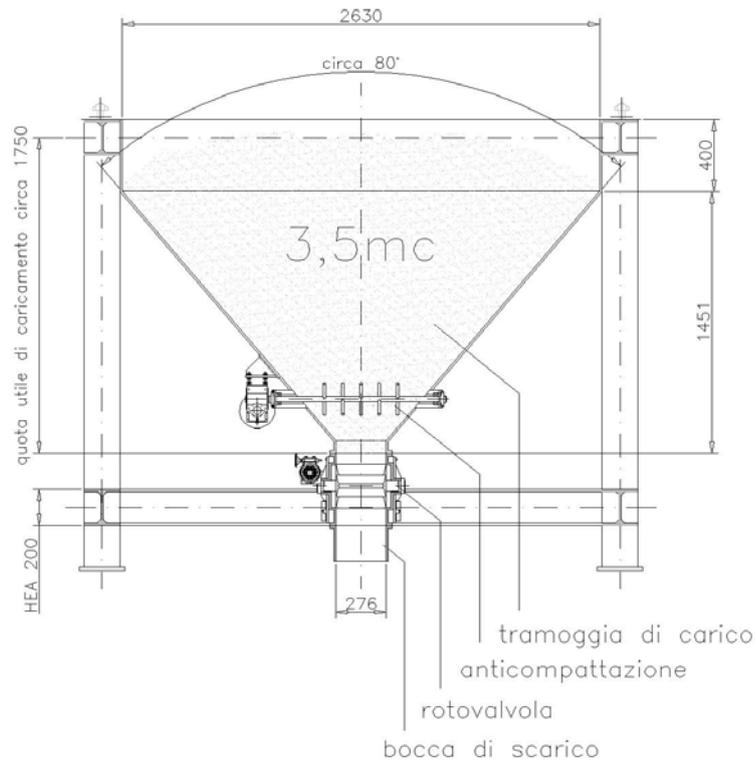


Figura 19 – Tramoggia di carico

6.1.7 La copertura multistrato

Al termine delle attività di riempimento delle Celle di Deposito (fase di esercizio della durata di 40 anni), il complesso Unità Smaltimento Moduli (USM) sarà ricoperto e protetto attraverso la realizzazione di una copertura multistrato. Tale copertura rappresenta la quarta ed ultima barriera ingegneristica di protezione dei rifiuti.

La copertura finale ha una stratigrafia concepita con criteri ingegneristici atti a garantire:

- l'ottimale captazione e drenaggio delle acque meteoriche
- la resistenza ai fenomeni di degrado quali fenomeni erosivi, frattura del terreno (smottamenti), azione della fauna e della flora (penetrazione delle radici)
- il ritardo di fenomeni di degrado delle barriere in calcestruzzo costituenti la cella dovuti ai cicli gelo/disgelo e secco/umido

Inoltre la *copertura* costituirà un importante elemento per l'integrazione paesaggistica dell'opera.

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



Il progetto della copertura multistrato (anche detta “collina”) rappresenta un’opera geotecnica con specifiche caratteristiche e fortemente dipendente dal sito in cui è realizzata. Non essendo ancora noto il sito di ubicazione del Deposito Nazionale, sono state ipotizzate, sulla base di tecnologie ed esperienze internazionali consolidate (analisi di *benchmark*), diverse soluzioni di riferimento che tengono conto degli scenari di progetto ad oggi ipotizzabili in termini di disponibilità di materiali geologici autoctoni, della meteorologia di sito e della configurazione di progetto.

Le soluzioni hanno in comune l’impiego di uno strato superficiale *biologico* (in grado di promuovere il fenomeno della *evapotraspirazione* naturale) al di sotto del quale, viene collocato uno strato di materiale grossolano avente l’obiettivo di ostacolare l’intrusione animale, umana e delle radici delle piante. Le soluzioni tecniche individuate si differenziano principalmente per la tipologia e lo spessore dei materiali impiegati nei vari strati che costituiscono la copertura (spessore medio di 4 - 5 metri⁴), nonché per la funzione degli strati sottostanti che potranno essere concepiti sul principio della *barriera capillare* (installazione di due strati ad elevato contrasto di permeabilità, tipicamente argilla sovrastante sabbia), oppure sul principio di *barriera all’infiltrazione* (tipicamente uno strato di sabbia sovrastante una geo-membrana) o su una combinazione di entrambe le tipologie di barriera poste in serie.

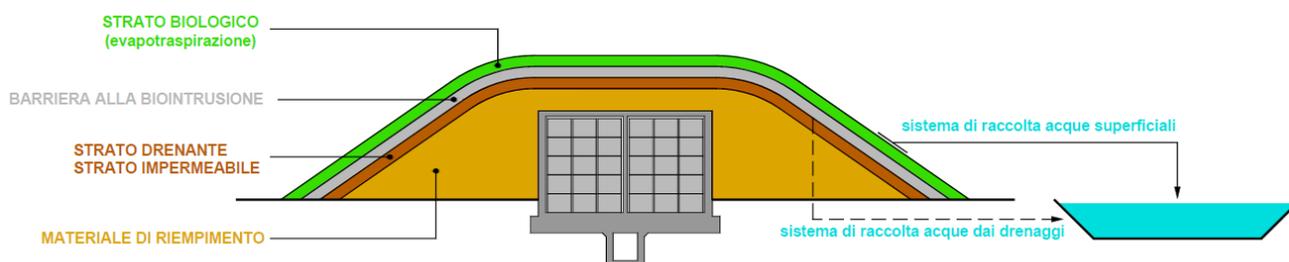


Figura 20 Componenti principali della copertura multistrato

Durante il periodo di controllo istituzionale, la copertura sarà costantemente monitorata per verificare che le sue prestazioni siano quelle attese, attraverso sistemi di drenaggio opportunamente installati tra i diversi strati (con misura delle quantità di acqua captate rispetto alla piovosità di sito) e controlli della stabilità del rilevato (tramite rilievi topografici per il monitoraggio di eventuali smottamenti).

⁴ Lo spessore qui indicato si riferisce al primo indirizzo progettuale basato sulle esperienze internazionali e sulla configurazione ad oggi del USM.

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



6.1.7.1 Collina Test

Analogamente ad alcune esperienze internazionali analizzate, si prevede di realizzare nello stesso sito del Deposito Nazionale un modello sperimentale opportunamente strumentato (*Test Cover o Demonstrator*) al fine di raccogliere durante il periodo di pre-esercizio e di esercizio del Deposito, dati sui materiali da utilizzare e sulle soluzioni tecnologiche studiate.

Sulla base degli studi effettuati e sui dati raccolti attraverso la *Test Cover*, entro il termine del periodo di esercizio sarà sviluppato il progetto esecutivo della copertura multistrato per il Deposito Nazionale.

6.2 SISTEMA DIDRENAGGIO CELLE

La principale funzione del sistema di drenaggio delle celle di deposito è di garantire l'allontanamento delle eventuali acque presenti nelle celle. Il sistema è progettato per svolgere la sua funzione durante tutta la vita istituzionale delle Unità di Smaltimento Moduli, dalla prima fase di costruzione, al completamento dell'esercizio sino alla fine del controllo istituzionale. Due sono i sistemi principali di drenaggio:

- sistema di drenaggio superficiale (esterno cella): ha la funzione di drenare le acque meteoriche evitandone la permanenza in corrispondenza del sistema multi-barriere, minimizzando così le azioni di degrado esercitate su di esse dall'esterno durante il periodo di esercizio.
- sistema di drenaggio celle (interno cella): un sistema di drenaggio è realizzato al di sotto delle CdD con lo scopo di rimuovere l'acqua piovana raccolta nella cella aperta prima del caricamento dei moduli e, mediante una linea separata, l'eventuale acqua di infiltrazione durante il successivo periodo di sorveglianza, dopo la sigillatura della cella. La pavimentazione interna della cella sarà realizzata in pendenza verso pozzetti di aggettamento che raccolgono e convogliano l'acqua verso il sistema di drenaggio. Durante la fase di controllo istituzionale, mediante il controllo periodico dei pozzetti, sarà possibile evidenziare eventuali perdite d'acqua e quindi individuare la zona della possibile infiltrazione.

6.2.1 Sistema di drenaggio superficiale

Tale sistema si basa principalmente su:

- impiego di doppia membrana impermeabile all'interfaccia tra la soletta di chiusura della cella e la copertura multistrato
- pavimentazione parziale con manto bitumato al bordo delle celle
- impermeabilizzazione con guaina delle pareti e del fondo delle celle e della galleria

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



- sistema di raccolta delle acque meteoriche
- bacino di raccolta delle acque piovane

Il sistema di raccolta delle acque meteoriche convoglia le acque piovane e deve essere funzionante sia durante le fasi di costruzione e riempimento delle celle, che durante tutto il periodo in cui la cella è sigillata ma non ancora ricoperta dalla copertura finale.

Il sistema, una volta noto il sito di ubicazione del Deposito Nazionale, sarà dimensionato per collettare le acque di competenza delle aree pavimentate, della copertura mobile e del tetto di sigillatura delle celle, considerando i massimi tassi attesi di precipitazione specifici per il sito di realizzazione.

6.2.2 Sistema di drenaggio delle celle

Tale sistema si basa essenzialmente su:

- realizzazione di gallerie tecniche ispezionabili per il passaggio di collettori di drenaggio, condotti fino a vasche interrate di raccolta delle acque
- realizzazione del sistema di drenaggio di fondo cella mediante disposizione di un letto di materiale permeabile sul fondo cella e di un sottostante massetto impermeabile con opportune pendenze verso l'insero di scarico
- collegamento dell'insero di scarico ai collettori di drenaggio disposti dentro le gallerie tecniche

Gallerie tecniche ispezionabili

Le gallerie tecniche sono cunicoli in calcestruzzo armato ispezionabili utilizzati per l'alloggiamento dei collettori di raccolta dell'eventuale acqua di infiltrazione nelle celle (durante le fasi in cui sono presenti i moduli) e dei collettori di drenaggio delle acque meteoriche pulite che entrano nelle celle (durante le fasi iniziali a celle vuote). Si distinguono:

- gallerie longitudinali sotto cella
- galleria dorsale
- gallerie laterali di accesso

Le prime si sviluppano al di sotto delle celle, lungo l'asse di mezzera di ciascuna fila di celle, e sono strutturalmente integrate con la fondazione delle celle sovrastanti. La galleria ha le dimensioni interne tali da consentire l'alloggiamento delle tubazioni con le dovute pendenze, da garantire la percorribilità e l'accesso ai punti di ispezione, nonché l'eventuale esecuzione di interventi di manutenzione o riparazione delle tubazioni. All'interno di questo spazio sono presenti anche i serbatoi di ispezione e campionamento che consentono quindi lo spillamento dell'eventuale liquido presente al suo interno.

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



La galleria dorsale, a metà dei due gruppi di CdD del USM, ha la funzione di ospitare i collettori di drenaggio dorsali che drenano le eventuali acque verso le rispettive vasche di raccolta, perpendicolari a quelle sotto cella.

Le gallerie laterali, una in testa e una in coda alle file di celle di deposito, hanno la sola funzione di consentire l'accesso al personale per l'ispezione delle gallerie sottocella e possono essere utilizzate come vie di fuga. La disposizione simmetrica delle gallerie rispetto alla disposizione delle celle permette un accesso semplice da qualunque posizione in cui ci sia necessità di intervenire.

L'accesso del personale è consentito tramite sei vani scala collocati opportunamente per consentire un semplice accesso da tutti i lati del USM: due alle estremità della galleria dorsale e gli altri quattro in corrispondenza degli angoli delle gallerie di testa e di coda. L'ingresso del materiale è consentito da torrini attigui ai vani scala, con accesso dedicato opportunamente dimensionato e dotati di tutte le attrezzature necessarie per la movimentazioni dei materiali.

Tutti questi punti di comunicazione delle gallerie con l'esterno, svolgono anche la fondamentale funzione di ventilazione naturale e ricambio d'aria all'interno delle gallerie tecniche.

Le superfici contro terra di tutte le gallerie sono adeguatamente impermeabilizzate e protette con vespai drenanti per evitare l'infiltrazione delle acque sotterranee all'interno della galleria.

Drenaggio e monitoraggio di fondo cella

Il sistema di drenaggio di fondo cella è costituito da uno strato piano di massetto poroso, da un sottostante strato impermeabile di massetto di pendenza, da un inserto di scarico di fondo cella in acciaio inossidabile inghisati che collegano il fondo della cella alla galleria sotto cella.

In caso di presenza di acqua nella cella, questa scende per gravità sul massetto poroso e penetra fino allo strato impermeabile in pendenza che la guida all'inserto di scarico che tramite un'unica tubazione può essere alternativamente connesso ad uno dei seguenti tre differenti collettori presenti nella galleria sotto cella:

- collettore "A" di raccolta delle acque meteoriche delle celle vuote
- collettore "B" di raccolta delle acque di infiltrazione delle celle durante il loro riempimento con i moduli
- collettore "C" di raccolta delle acque di infiltrazione delle celle chiuse e sigillate

L'eventuale acqua meteorica di infiltrazione della cella vuota, coperta temporaneamente e in attesa di caricamento moduli, confluisce attraverso l'inserto nel collettore "A" per essere convogliata direttamente in un pozzetto di raccolta e successivamente scaricata nel bacino finale.

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



Durante la fase di caricamento l'inserto di scarico viene flangiato sul sistema di campionamento, a sua volta collegato al collettore "B". L'eventuale infiltrazione di acqua, raccolta nel sistema di campionamento, viene analizzata e qualora presentasse livelli di contaminazione, è previsto il riconvogliamento delle acque verso il collettore "C" previsto per la raccolta delle acque contaminate.

A partire dalla fase di sigillatura della cella e per tutta la durata del controllo istituzionale (300 anni) il sistema di campionamento viene flangiato al collettore "C" per le acque di infiltrazione potenzialmente contaminate che verranno raccolte in un serbatoio e successivamente inviate al trattamento in impianto esterno al DNPT

Il collegamento della cella al collettore è effettuato attraverso un terminale di campionamento che permette l'individuazione visiva di eventuali infiltrazioni e lo spillamento mediante valvola del liquido raccolto per il monitoraggio delle acque di infiltrazione ed il controllo dello stato delle barriere di confinamento.

Per garantire il flusso di acqua per gravità dall'inserto di raccolta alle vasche di destinazione finale, tutti i collettori presenti nelle gallerie sotto cella e nella galleria tecnica centrale vengono fissati alle pareti su apposite staffe di supporto in modo tale da garantire sempre la pendenza adeguata. Poiché la pendenza è un requisito fondamentale del sistema di drenaggio che scarica per gravità, in corrispondenza della separazione tra l'area su cui insistono le celle e quella "libera", i collettori sono dotati di appositi giunti in grado di compensare gli effetti dei cedimenti differenziali introdotti dall'assestamento del terreno.

Vasche di raccolta intermedie delle acque

Il sistema raccolta drenaggi prevede differenti bacini di raccolta, comuni all'intero impianto, in modo da consentire l'accumulo ed il controllo delle acque di drenaggio delle celle. Il sistema di drenaggio di fondo di ogni cella viene configurato in relazione alle diverse fasi operative ed al controllo delle eventuali acque raccolte: un campionamento ed analisi delle eventuali acque viene effettuato periodicamente sia immediatamente sotto ogni cella sia nelle vasche di accumulo finale prima dell'allontanamento.

La definizione delle vasche, la logica di controllo e funzionamento del sistema di drenaggio USM è descritto con maggior dettaglio nel documento di cui al [Rif. 7].

6.3 SISTEMA DI VIABILITÀ PERMANENTE E TEMPORANEA

Nell'area dove insistono le celle dell'USM è presente una viabilità temporanea che si estende parallelamente a ciascuna USM ed in direzione longitudinale permettendo al mezzo di trasporto dei moduli di raggiungere entrambe le estremità di ogni blocco di USM ed una permanente che permette di trasferire in modo sicuro i moduli dall'ICM alle USM.

Al termine del riempimento delle celle, la viabilità temporanea viene coperta dalla copertura finale del deposito.

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



7 FATTORE DI RIEMPIMENTO DELLE CELLE

In considerazione dei volumi stimati ad oggi per i manufatti di rifiuti radioattivi di bassa e media attività da conferire al DNPT [Rif. 40] e tenuto conto delle dimensioni di pre-indirizzo delle Celle di Deposito (vedi paragrafo 6.1.2), si riassume quanto segue:

- quantità di manufatti di rifiuti radioattivi pari a circa 78.000 m³
- previste 3 barriere in calcestruzzo (manufatto, modulo, cella)
- numero di celle di smaltimento pari a 90
- ingombro esterno cella di smaltimento pari a 27,15 x 15,6 x 10

Si può concludere che il fattore di riempimento delle celle, definito come rapporto fra il volume complessivo di ingombro dei manufatti ed il volume esterno delle celle, ad oggi è pari a 0,2.

n. barriere in cls	volume manufatti (m3)	dimensioni cella (m)	volume ingombro 1 CdD (m3)	n. CdD	Fattore di riempimento
3	78.000	27,15 x 15,6 x 10	4.235	90	0,2

<p>Relazione Tecnica</p> <p>Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale</p>	<p>ELABORATO DN DN 00068</p> <p>REVISIONE 02</p>
---	--



8 FUNZIONAMENTO IMPIANTO

Le principali attività previste nell'Unità Smaltimento Moduli sono le seguenti:

- a) allestimento della copertura mobile e della gru a cavalletto
- b) smontaggio protezione temporanea
- c) ricezione dei moduli dall'ICM attraverso la navetta di trasporto interno
- d) messa a dimora del modulo all'interno della cella nella posizione stabilita
- e) riempimento degli spazi tra i moduli con materiale inerte (*backfill*)
- f) riempimento finale e predisposizione della soletta di copertura della cella mediante dalle
- g) realizzazione della soletta di copertura e sigillatura finale della cella mediante getto in cemento con relativa maturazione
- h) realizzazione dello strato di impermeabilizzazione
- i) smontaggio, trasferimento e ri-montaggio della copertura mobile da una cella all'altra e ripetizione delle operazioni a) – i)
- j) montaggio e successivo smontaggio di una protezione temporanea delle celle vuote
- k) realizzazione della copertura multistrato

Il funzionamento e la capacità di ricezione moduli all'USM devono essere garantite dal momento in cui l'ICM inizia a confezionare moduli per la loro sistemazione definitiva. Poiché ad oggi, dal piano di conferimento preliminare si ricava un volume di manufatti conferiti al DN equivalente a 8 moduli al giorno per 200 giorni lavorativi annui per i primi 15 anni, l'USM deve essere in grado di ricevere una media di 1.600 moduli l'anno equivalenti a 6/7 celle di deposito.

Il tempo complessivo delle attività associato ad ogni cella, è funzione delle diverse operazioni che tengono impegnata la gru a cavalletto:

- messa a dimora dei moduli provenienti dall'ICM
- inserimento del materiale inerte mediante gru e tramoggia
- installazione delle dalle di copertura
- armatura, getto del calcestruzzo di sigillatura e sua maturazione
- impermeabilizzazione finale

La fase di riempimento della cella con i moduli occupa un tempo dettato dal ritmo di invio dei moduli dall'ICM, pari a 8 moduli al giorno, che si traduce in 30 giorni lavorativi (42 giorni solari) per cella. Per l'inserimento dell'inerte tra i moduli, come evidenziato in

dettaglio nel documento di cui al [Rif. 14], si impiega un tempo complessivo di 7 giorni solari. Allo stesso modo, alla fase di installazione delle dalle di copertura si è associato conservativamente un tempo pari a 4 giorni solari. Si è ipotizzato infine che le operazioni successive si svolgano complessivamente in 45 giorni solari, tenendo conto di un tempo di maturazione del cemento pari a 28 giorni solari. Di conseguenza risulta che ogni gru a cavalletto e copertura mobile restino impiegate su ogni cella per un tempo globale di circa 100 giorni solari [Rif. 14].

In considerazione di questi tempi, si rende necessario l'utilizzo di un numero di strutture traslabili e gru a cavalletto pari a tre, in modo tale da essere sempre in grado di gestire con continuità i moduli in ingresso. Utilizzando 3 gru e 3 coperture mobili, si coprono i fabbisogni dettati dal ritmo di produzione dell'ICM, dai tempi di sigillatura delle celle e dai periodi di manutenzione programmata ipotizzati per l'impianto di Confezionamento Moduli.

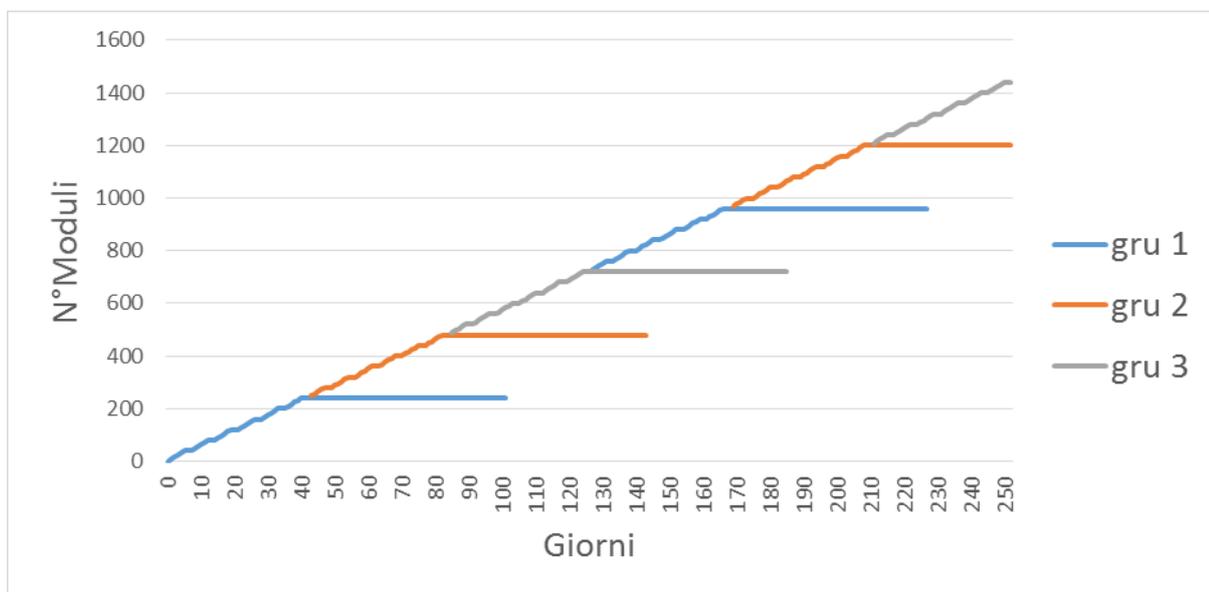


Figura 21 – Impegno delle gru nel tempo

Al fine di ottimizzare le movimentazioni delle 3 coperture mobili e 3 gru a cavalletto e permettere loro di lavorare su file di celle sfalsate (avendo quindi alternativamente una fila vuota ed una fila in lavorazione), all'inizio occorre disporre di 5 file consecutive pronte (3 in caricamento + 2 vuote). Considerando l'esigenza di avere un'ulteriore fila di celle per separare l'area operativa del cantiere delle celle successive e l'area sorvegliata di lavorazione e riempimento, il numero di file da avere pronte all'inizio è complessivamente pari a 6.

Le sei file di celle verranno riempite dai moduli in un arco temporale complessivo di 3 anni e 11 mesi, tempo che va dall'inizio del riempimento della prima cella alla fine del

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



riempimento dell'ultima cella con i moduli. La valutazione ha tenuto conto delle seguenti considerazioni:

- le attività relative ad ogni gruppo gru a cavalletto – copertura mobile avvengono in sovrapposizione su tre celle
- finito il riempimento di una cella, si procede subito al riempimento della successiva
- gli impianti sono fermi per manutenzione ogni anno per 30 giorni lavorativi

Quest'analisi ha evidenziato inoltre che ogni gru a cavalletto e la relativa copertura mobile lavorano su una fila di celle per circa 1 anno e 9 mesi; solo al termine di questo periodo devono essere smontate e spostate su un'altra fila di celle adiacente attraverso i binari appositamente predisposti.

8.1 PREDISPOSIZIONE DELLA PROTEZIONE TEMPORANEA, COPERTURA MOBILE E DEL SISTEMA DI MOVIMENTAZIONE SULLE CELLE DI DEPOSITO

Dalla conclusione della fase di costruzione delle celle fino all'inizio del loro riempimento, su ogni cella viene installata una protezione temporanea che ha la funzione di proteggere l'interno della cella dagli attacchi degli agenti atmosferici per preservarne l'integrità. Ogni cella ha la sua protezione temporanea indipendente che viene smontata prima di cominciare il caricamento dei moduli.

Preliminare all'avvio delle attività di riempimento celle è il montaggio ed il posizionamento della copertura mobile: questa struttura, dopo essere stata posizionata viene bloccata in posizione con un fissaggio a terra.

All'interno della copertura mobile si installa la gru a cavalletto per la movimentazione dei moduli e tutte le operazioni di chiusura e sigillatura della cella. Il posizionamento della copertura e della gru è disassato e tale da consentire l'ingresso del mezzo di trasporto con i moduli proveniente dall'Impianto di Confezionamento Moduli.

Per la preparazione della CdD al caricamento vanno dunque eseguite le seguenti operazioni:

- posizionamento copertura mobile e gru a cavalletto
- rimozione della protezione temporanea dalla cella vuota
- disconnessione del drenaggio del fondo cella dal collettore di drenaggio delle acque piovane e collegamento al collettore di raccolta e controllo delle eventuali acque interne alla cella in caricamento

Tutte le operazioni sono eseguite in modo semiautomatico con supervisione dell'operatore dalla postazione di controllo avvalendosi di un sistema di ripresa video TVCC.

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



8.2 ARRIVO MODULI DALL'IMPIANTO DI CONFEZIONAMENTO MODULI

La movimentazione dei moduli dalla sezione di uscita dell'impianto ICM al USM avviene mediante navette di trasporto interno dotate di cabina schermata le quali percorrono una viabilità permanente di collegamento tra i due impianti. Parallelamente a ciascuna fila di celle ed in direzione longitudinale è presente una viabilità temporanea che permette al mezzo di trasporto dei moduli di raggiungere entrambe le estremità di ogni fila. In particolare l'asse della corsia di accesso è posizionato a 2550 mm dalla parete esterna della cella: in questo modo il modulo viene movimentato internamente all'area di lavoro della gru e può essere sollevato in qualsiasi punto lungo il percorso.

Successivamente all'operazione di sollevamento del modulo la navetta di trasporto interno scaricata percorre l'intera corsia di accesso raggiungendo l'estremità della fila ed uscendo dalla linea di caricamento dei moduli; contemporaneamente un secondo mezzo carico sopraggiunge in corrispondenza del punto di scarico del modulo per ripetere nuovamente il ciclo di riempimento. I mezzi di trasporto si muovono lungo la linea di caricamento sempre secondo lo stesso verso di percorrenza. Il tempo complessivo di riempimento di una singola cella è stimato in un massimo di 30 giorni lavorativi.

8.3 RIEMPIMENTO DELLA CELLA DI DEPOSITO CON MATERIALE INERTE

Terminata la fase operativa di riempimento delle celle con i moduli, gli spazi intermodulari vengono riempiti con materiale inerte il quale ha la funzione di immobilizzare i moduli ed assicurarne stabilità all'impilaggio, senza tuttavia comportare un blocco irreversibile.

Il volume di inerte necessario per il completo riempimento di una cella è di circa 540 m³; la movimentazione del materiale inerte dal deposito materiali all'interno delle intercapedini modulari è realizzata da un sistema combinato di carrelli elevatori, svuota big-bag, coclee di iniezione e tramoggia movimentata dal carroponte.

Il riempimento della cella con materiale inerte inizia dopo aver caricato completamente la cella con i moduli ed è caratterizzato dalle operazioni elementari descritte di seguito [Rif. 31]:

Attività preliminari presso IPC:

- a) presa dei big-bag dall'area di stoccaggio materie prime
- b) arrivo del big-bag nell'area di caricamento tramogge
- c) posizionamento del big-bag nel sistema di svuotamento
- d) apertura del big-bag e caricamento tramoggia tramite sistema a coclea

Attività presso USM:

- e) trasporto della tramoggia in prossimità della cella e aggancio alla gru a cavalletto

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



- f) riempimento degli spazi trasversali
- g) riempimento degli spazi longitudinali

Il tempo complessivo associato al caricamento dell'inerte all'interno di una cella è funzione di diversi parametri tra cui le caratteristiche delle macchine a disposizione e l'interdipendenza e sovrapposibilità delle varie attività.

8.4 CHIUSURA E SIGILLATURA CELLA DI DEPOSITO

Quando la cella è completamente riempita con 240 moduli ed il *backfill*, si procede alla chiusura della cella. Completato il riempimento con un adeguato strato di materiale, sono posizionati gli elementi prefabbricati che appoggiano sulla parete laterale e sul setto centrale e permettono di migliorare la gettata superiore.

Le predelle, in numero di 25 per lato, hanno dimensioni geometriche e massa (per singolo elemento prefabbricato) come di seguito indicati:

- larghezza 1200 mm
- lunghezza 7000 mm
- altezza: 100 mm
- massa: 2500 kg

La movimentazione di questi elementi è ad opera della gru a cavalletto [Rif. 14]: il dispositivo di sollevamento impiegato è un bilancino con quattro attacchi superiori e quattro inferiori. Il trasporto delle predelle viene eseguito con una motrice la quale corre lungo tutta la corsia di scorrimento parallela all'USM ed è coperta dall'area di lavoro della gru.

Si procede quindi al getto di sigillatura della soletta di copertura e alla realizzazione di un massetto a doppia falda con pendenza adeguata per favorire il deflusso delle acque meteoriche. Una volta completato il getto di sigillatura, si procede alla impermeabilizzazione.

Per le attività di chiusura e sigillatura delle celle, si utilizza la stessa gru a cavalletto attraverso la quale si è effettuato il riempimento con i moduli. Il dettaglio delle operazioni di sigillatura è indicato nel documento di cui al [Rif. 32].

8.5 SPOSTAMENTO DELLA COPERTURA MOBILE

Completata l'attività di riempimento di una CdD e dopo averla chiusa e sigillata è necessario spostare la copertura mobile alla cella successiva per iniziarne il riempimento. Per lo spostamento della copertura sono utilizzate delle carrelliere indipendenti dai gruppi di avanzamento della gru a cavalletto.

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



L'operazione complessivamente prevede lo sganciamento della copertura mobile dalla sua posizione fissa e lo spostamento simultaneo della copertura e della gru a cavalletto.

Completato il riempimento di una fila di celle, la copertura mobile e la gru a cavalletto devono essere spostati sulla fila di celle adiacente [Rif. 19]. L'operazione complessivamente prevede:

- lo sganciamento della copertura mobile dalla sua posizione
- la separazione delle quattro sezioni che costituiscono la copertura mobile
- lo spostamento della prima sezione della copertura mobile nell'area tra i due blocchi di celle, sulle sue rotaie realizzate appositamente per la traslazione tra le diverse fila
- la rotazione dei carrelli pivottanti lungo le rotaie di traslazione
- lo spostamento della prima sezione della copertura mobile sulle rotaie trasversali
- la rotazione dei carrelli pivottanti lungo le rotaie longitudinali della fila di celle di destinazione
- lo spostamento della prima sezione della copertura mobile sulla prima CdD della nuova fila di celle
- analogo spostamento sulla fila di celle di destinazione della gru a cavalletto e delle restanti sezioni della copertura mobile secondo una procedura analoga a quella utilizzata per la prima sezione
- aggancio delle quattro sezioni tra loro e ancoraggio a terra

<p>Relazione Tecnica</p> <p>Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale</p>	<p>ELABORATO DN DN 00068</p> <p>REVISIONE 02</p>
---	--



9 SISTEMI AUSILIARI

I sistemi ausiliari del USM sono di fatto installati all'interno della copertura mobile; i sistemi presenti sono i seguenti:

- supervisione e controllo
- elettrico e illuminazione
- protezione incendio
- monitoraggio radiologico
- sistema di comunicazione (telefono ed interfono)
- tracciamento informazioni
- controllo accessi

9.1 SISTEMA DI CONTROLLO E AUTOMAZIONE

Il sistema di supervisione e controllo (SC) è un sistema di controllo distribuito con funzioni di controllo (regolazione e comando) e supervisione dei diversi sotto sistemi dell'impianto.

Il sistema di controllo SC include due funzioni principali:

- supervisione e controllo
- acquisizione dati (SCADA)

Ad esso è demandata anche l'integrazione tra sistema di controllo dei drenaggi e i vari sistemi di controllo relativi ai sistemi package al fine di realizzarne la completa integrazione operativa per garantire la completa gestione dell'impianto attraverso la HMI (interfaccia uomo-macchina) posta in Sala Controllo. Questa sarà fisicamente la stessa dell'impianto Confezionamento Moduli.

L'SC consente l'integrazione e quindi il controllo e la supervisione dei seguenti sistemi di controllo:

- sistemi di movimentazione con gru a cavalletto
- sistema TVCC per il controllo del processo
- sistema drenaggi

Le unità di elaborazione dei sistemi packages (PLC), sono fisicamente posizionate su pannelli a bordo macchina e sono interfacciati direttamente con il SC tramite connessione seriale standard o OPC in sala controllo.

La descrizione dettagliata del Sistema di Controllo e Automazione (SC) è riportata nel documento di cui al [Rif. 24]; l'architettura generale del sistema di controllo è illustrata in dettaglio nel documento di cui al [Rif. 26].

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



9.1.1 La filosofia del Sistema di Controllo

Il sistema di controllo integra i vari sistemi di controllo relativi ai diversi ‘packages’ al fine di realizzarne la completa integrazione operativa e per garantire la completa gestione dell’impianto attraverso la interfaccia uomo-macchina (HMI) posta in Sala Controllo. Il sistema SC è progettato per monitorare e controllare automaticamente, semi-automaticamente e manualmente, le principali variabili di processo attraverso un sistema di Supervisione, Controllo e Acquisizione Dati (SCADA).

Tutte le funzioni di controllo e monitoraggio sono effettuate sia da remoto attraverso delle stazioni di interfaccia uomo-macchina (HMI) installate in sala controllo (CR), sia localmente in campo se richiesto.

Il sistema di controllo è in grado di monitorare l’impianto e fornire il controllo necessario durante l’avviamento, il normale arresto e l’arresto di emergenza di sistemi o parti dell’unità.

Le principali funzioni disponibili durante il normale funzionamento dalla sala di controllo sono le seguenti:

- monitoraggio dei loop di controllo in modalità manuale o automatica
- la modifica setpoint e l’accesso ai principali parametri dei loop per il controllo o tuning
- monitoraggio dei parametri principali (misurazione, stati, allarmi, ...) di impianto
- gestione degli allarmi e dei cambiamenti di stato
- apertura e chiusura valvole e partenze e arresti motori, etc.
- registrazione (storicizzazione) dei dati critici e delle variabili di processo per trend e reportistica

L’accesso a queste funzioni in Control Room viene effettuata attraverso postazioni operatore dedicate con funzione di interfaccia uomo-macchina (HMI). L’interfaccia uomo-macchina si basa sulle specifiche del progetto. La sala controllo del USM è prevista integrata con quella che gestisce l’ICM e dialogherà con la Control Room centrale del Deposito Nazionale.

L’accesso alle funzioni di controllo, monitoraggio, tuning e configurazione sono consentite solo alle persone autorizzate (ad esempio con privilegi di accesso di supervisore, capoturno, etc.).

9.1.2 Caratteristiche generali ed operabilità

La connettività tra i vari sistemi e nodi è resa possibile dallo sviluppo delle reti che costituiscono lo strumento di comunicazione tra i diversi sistemi da integrare.

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



Il compito di raccogliere e gestire i dati dall'SC e gli altri Sistemi di Controllo terzi, è assegnato ad un Server ridondato che si farà carico di:

- acquisire i segnali dal sistema SC in lettura e scrittura per funzioni di esercizio, supervisione, archiviazione dati, ecc.
- acquisire i segnali dei Sistemi di Controllo terzi in lettura e scrittura per funzioni di esercizio, supervisione, archiviazione dati, ecc.

Lo scambio dei segnali avviene per mezzo di un sistema di trasmissione dati ridondante (hot-backup) e potrà essere di tipo seriale standard (RS-485, Modbus, etc), oppure attraverso comunicazioni client/server OPC.

Le attività previste all'interno dell'impianto possono essere eseguite in modo semiautomatico con supervisione dell'operatore dalla postazione di controllo avvalendosi di un sistema di ripresa video TVCC.

L'operatore può interrompere il processo in esecuzione. Per la riattivazione del processo sono previste specifiche procedure che prevedano o la possibilità di ripartire dal punto d'interruzione o la necessità di far ripartire il processo dall'inizio.

Eventuali pannelli ausiliari di tipo *hardwired* o sinottici HMI locali, sono installati per particolari casi di operatività in campo, per funzioni di operazione, manutenzione o di messa in sicurezza di parti dell'impianto.

L'alimentazione elettrica del sistema di controllo è ridondante e derivata da sorgenti non interrompibili e (UPS).

9.2 SISTEMA ELETTRICO

Nel progetto dell'impianto elettrico si terrà conto di alcuni criteri di tipo generale ed in particolare:

- utilizzare le più moderne ed affidabili soluzioni tecnologiche disponibili al momento della realizzazione e in accordo alle normative in vigore
- consentire un agevole aggiornamento tecnologico nel corso della vita prevista per l'installazione, in accordo alle normative in vigore
- richiedere ridotte esigenze di manutenzione e minimizzare la necessità di accesso alle aree con presenza di radiazione

Il sistema elettrico è costituito dai seguenti sottosistemi:

- sistema di alimentazione elettrica
- sistema di illuminazione
- rete di terra

<p>Relazione Tecnica</p> <p>Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale</p>	<p>ELABORATO DN DN 00068</p> <p>REVISIONE 02</p>
---	--



Le funzioni affidate al sistema elettrico sono:

- fornire energia elettrica a equipaggiamenti ed apparecchi utilizzatori, necessari allo svolgimento delle operazioni previste
- fornire energia al sistema di illuminazione nelle normali condizioni di esercizio; il sistema di alimentazione elettrica deve inoltre assicurare l'energia per garantire l'illuminazione di emergenza e di sicurezza
- fornire alimentazione elettrica ai sistemi ausiliari di controllo, allarme, sicurezza (sistema di controllo e strumentazione, allarmi, ecc.)
- garantire i livelli di illuminazione necessari per l'eventuale messa in sicurezza dei sistemi ed evacuazione del personale operativo dall'impianto in caso di mancanza dell'alimentazione elettrica dalla sezione normale del quadro
- proteggere il personale e le apparecchiature da sovratensioni dovute a guasti o malfunzionamenti di apparecchiature elettriche mediante la realizzazione di un sistema di protezione dai contatti diretti/indiretti collegato alla rete di terra del Sito.

9.2.1 Sistema di alimentazione elettrica

Il sistema di alimentazione elettrica è costituito da tre sezioni indipendenti e separate:

- sezione normale, per l'alimentazione di tutte quelle utenze per le quali è accettata la perdita prolungata di disponibilità
- sezione di emergenza, per l'alimentazione di tutte quelle utenze per le quali è richiesta la disponibilità di servizio anche in caso di mancanza della alimentazione normale
- sezione ininterrompibile, per l'alimentazione di tutte le utenze per le quali non è accettata alcuna interruzione di servizio, anche se di breve durata

La sezione normale e di emergenza derivano l'alimentazione dalla rete di sito. La sezione ininterrompibile è alimentata da appositi gruppi di continuità (UPS) dedicati.

In generale i componenti importanti e/o essenziali per la sicurezza sono alimentati dalla sezione di emergenza o di ininterrompibilità.

Per l'alimentazione delle utenze elettriche è prevista una distribuzione comprendente:

- una rete di forza motrice trifase con neutro 400 V - 50 Hz destinata ad utenze trifase di grossa potenza
- una rete di forza motrice trifase con neutro 400/230 V - 50 Hz destinata a circuiti di illuminazione e forza motrice di piccola potenza (monofase o trifase)
- una sezione di continuità assoluta 400/230 V c.a. 50 Hz trifase

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



Una descrizione più dettagliata del sistema elettrico si trova nel documento di cui al [Rif. 17].

9.2.2 Sistemi di illuminazione

Nell'impianto è previsto siano realizzati i seguenti sistemi di illuminazione:

- normale, facente capo alla sezione “normale” del quadro di distribuzione di competenza
- di Emergenza, alimentato dalla sezione di Emergenza
- di Sicurezza (vie di fuga e segnaletiche), alimentato dalla sezione Ininterrompibile o da un sistema con lampade e kit autonomo inverter/batterie

La principale funzione del sistema di illuminazione elettrica è quella di garantire i livelli di illuminazione necessari alle seguenti attività:

- svolgimento di tutte le operazioni previste
- eventuale messa in sicurezza dei sistemi di evacuazione del personale operativo, in caso di mancanza dell'alimentazione elettrica dalla sezione normale del quadro.

Sono garantiti i valori di illuminamento previsti dalla serie UNI EN 12464.

In fase di progettazione definitiva/esecutiva sarà definita la tipologia e la posizione delle sorgenti luminose da installare in funzione degli ingombri e delle necessità di manutenzione delle stesse.

Una descrizione più dettagliata del sistema di illuminazione si trova nel documento di cui al [Rif. 17].

9.2.3 Messa a terra

Per l'impianto è prevista la realizzazione del sistema equipotenziale di terra, secondo normativa vigente in materia e l'interconnessione con il sistema generale di terra del sito.

9.3 IMPIANTO TELEFONICO ED INTERFONICO

Il Sistema Telefonico ed Interfonico è realizzato in modo conforme alle direttive CEI sulla compatibilità elettromagnetica in modo tale che:

- i disturbi elettromagnetici da esso generati siano limitati ad un livello che permetta agli apparecchi radio e di telecomunicazione ed agli apparecchi di funzionare in modo conforme alle loro destinazioni
- il sistema stesso abbia un adeguato livello di immunità contro i disturbi elettromagnetici, in modo tale che possa funzionare in modo conforme al proprio scopo

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



Nello studio dell'architettura del Sistema Telefonico ed Interfonico si dovrà considerare l'importanza di fornire dei dispositivi che utilizzino una tecnologia consolidata, basata su uno standard industriale, dei quali è semplice reperire parti di ricambio ed assistenza.

L'impianto interfonico consente inoltre di effettuare da ogni postazione interfonica derivata la chiamata cerca persone sulla rete altoparlante, diffondere comunicati attraverso i diffusori acustici distribuiti in tutto il complesso, nonché la chiamata diretta alla Sala Controllo generale di Sito e la conversazione telefonica con le altre postazioni interfoniche derivate.

Tutte le postazioni, sia telefoniche che interfoniche, sono collegate agli impianti di Sito e pertanto, tutte le apparecchiature dovranno essere compatibili con tali impianti.

9.4 SISTEMA DI MONITORAGGIO RADIOLOGICO

Il Sistema di Monitoraggio Radiologico è costituito dei seguenti sottosistemi:

- sottosistema di monitoraggio delle aree di lavoro
- sottosistema di monitoraggio aria
- sottosistema di monitoraggio personale
- sottosistema di monitoraggio per le aree adiacenti all'impianto

Il Sistema di Monitoraggio Radiologico ha le seguenti funzioni principali:

- permettere la misura della contaminazione sulle estremità e sugli indumenti da lavoro del personale in uscita dalle zone controllate attraverso strumentazione dedicata
- permettere di valutare la dose da irraggiamento agli operatori dell'impianto durante le fasi operative

Una descrizione di maggior dettaglio è riportata nel documento di cui al [Rif. 8].

9.5 SISTEMA DI CONTROLLO ACCESSI

Il sistema di controllo accessi ha la duplice funzionalità di:

- a) evitare l'accesso a locali/aree di impianto a personale non autorizzato ad accedere a tali locali
- b) evitare l'accesso non controllato ad locali/aree di impianto in cui sono presenti: campi di irraggiamento e/o materiali radioattivi.

La progettazione del sistema per svolgere la prima funzionalità è eseguita nell'ambito della progettazione del Sistema di protezione fisica passiva dell'area Deposito Nazionale. Il

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



sistema svolge la funzionalità di cui alla lettera “b)” tenendo conto delle seguenti necessità di ingresso/uscita:

- i. di mezzi di trasporto tra zone a differente livello di dose e/o contaminazione
- ii. di contenitori con materiali radioattivi tra zone a differente livello di dose e/o contaminazione
- iii. di personale tra zone a differente livello di dose e/o contaminazione
- iv. di materiale rilasciabile

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



10 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- [Rif. 1] Decreto Ministeriale 7 Agosto 2015 “Classificazione dei rifiuti radioattivi ai sensi dell’articolo 5 del decreto legislativo 4 Marzo 2014, n. 45”
- [Rif. 2] ENEA-DISP – Guida Tecnica N. 26. “Gestione dei rifiuti radioattivi”, 1987
- [Rif. 3] IAEA Safety Standards - General Safety Guide No. GSG-1 Classification of Radioactive Waste, 2009
- [Rif. 4] Decreto legislativo n. 31/2010 e ss.mm.ii "Disciplina della localizzazione, della realizzazione e dell'esercizio nel territorio nazionale di impianti di produzione di energia elettrica nucleare, di impianti di fabbricazione del combustibile nucleare, dei sistemi di stoccaggio del combustibile irraggiato e dei rifiuti radioattivi, nonché misure compensative e campagne informative al pubblico, a norma dell'articolo 25 della legge 23 luglio 2009, n. 99"
- [Rif. 5] Direttiva Europea 2011/70/EURATOM ‘establishing a Community framework for the responsible and safe management of spent fuel and radioactive waste’
- [Rif. 6] D.Lgs. 4 marzo 2014 n. 45 Attuazione della direttiva 2011/70/EURATOM, che istituisce un quadro comunitario per la gestione responsabile e sicura del combustibile nucleare esaurito e dei rifiuti radioattivi
- [Rif. 7] DN DN 00069 – Unità Smaltimento Moduli – Relazione tecnica sistemi di drenaggio
- [Rif. 8] DN DN 00049 – Unità Smaltimento Moduli – Relazione illustrativa e schemi sistemi di monitoraggio
- [Rif. 9] DN DN 00074 – Unità Smaltimento Moduli – Planimetria generale gallerie tecniche
- [Rif. 10] DN DN 00075 – Unità Smaltimento Moduli – Planimetria generale copertura finale – pianta e sezioni
- [Rif. 11] DN DN 00076 – Unità Smaltimento Moduli – Planimetria generale Celle di Deposito – pianta e sezioni
- [Rif. 12] DN DN 00077 – Unità Smaltimento Moduli – Architettonico cella
- [Rif. 13] DN DN 00078 – Unità Smaltimento Moduli – Copertura mobile
- [Rif. 14] DN DN 00079 – Unità Smaltimento Moduli – Relazione tecnica gru a cavalletto
- [Rif. 15] DN DN 00080 – Unità Smaltimento Moduli – Isometrico tubazioni di drenaggio celle – outline vasche

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



- [Rif. 16] DN DN 00081 – Unità Smaltimento Moduli – Assieme gru a cavalletto
- [Rif. 17] DN DN 00084 – Unità Smaltimento Moduli - Relazione descrittiva impianti elettrici e speciali
- [Rif. 18] DN DN 00094 – Unità Smaltimento Moduli – Architettonico edificio vasche
- [Rif. 19] DN DN 00095 – Unità Smaltimento Moduli – Sinottico movimentazione copertura mobile
- [Rif. 20] DN DN 00096 – Unità Smaltimento Moduli – Sinottico caricamento moduli, predalle e sabbia
- [Rif. 21] DN DN 00082 – Unità Smaltimento Moduli – Fase di riempimento celle
- [Rif. 22] DN DN 00097 – Unità Smaltimento Moduli – Profilo idraulico sistema di drenaggio celle
- [Rif. 23] DN DN 00098 – Unità Smaltimento Moduli – P&I acque di drenaggio celle
- [Rif. 24] DN DN 00129 – Unità Smaltimento Moduli – Relazione generale sistemi elettrostrumentali e automazione
- [Rif. 25] DN DN 00085 – Unità Smaltimento Moduli – Schema elettrico generale
- [Rif. 26] DN DN 00086 – Unità Smaltimento Moduli – Schema blocchi sistema supervisione e controllo
- [Rif. 27] DN DN 00087 – Unità Smaltimento Moduli – Analisi preliminare carichi elettrici
- [Rif. 28] DN DN 00144 – Impianto Produzione Moduli – Assieme generale modulo
- [Rif. 29] DN DN 00231 – Unità Smaltimento Moduli – Assieme protezione temporanea Celle di Deposito
- [Rif. 30] DN DN 00132 – Unità Smaltimento Moduli – Assieme tramoggia di caricamento sabbia
- [Rif. 31] DN DN 00131 – Unità Smaltimento Moduli – Fase di riempimento celle con materiale inerte
- [Rif. 32] DN DN 00122 – Impianto Produzione Celle – Relazione descrittiva generale
- [Rif. 33] IAEA Safety Standards - Specific Safety Requirements No. SSR-5 “Disposal of Radioactive Waste, 2011
- [Rif. 34] IAEA Safety Standards - No. TS-R-1 Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, 2012
- [Rif. 35] UNI 11279-1:2008 - Deposito ingegneristico per manufatti di categoria 2 - Parte 1: Criteri di base di progetto

Relazione Tecnica Unità Smaltimento Moduli – Relazione Descrittiva Generale	ELABORATO DN DN 00068 REVISIONE 02
--	---



- [Rif. 36] UNI 11279-2:2008 - Deposito ingegneristico per manufatti di rifiuti radioattivi di Categoria 2 - Parte 2: Criteri base di qualificazione delle barriere ingegneristiche
- [Rif. 37] UNI 11279-3:2008 - Deposito ingegneristico per manufatti di rifiuti radioattivi di Categoria 2 - Parte 3: Criteri base di sorveglianza e monitoraggio
- [Rif. 38] UNI 11195:2006 - Manufatti di rifiuti radioattivi condizionati - Sistema informativo per la gestione di un deposito di tipo superficiale per manufatti appartenenti alla Categoria 2
- [Rif. 39] UNI 11196 - Manufatti di rifiuti radioattivi condizionati - Contenitori per il deposito finale di manufatti appartenenti alla Categoria 2
- [Rif. 40] DN SM 0007- Stima dei rifiuti radioattivi da conferire al deposito nazionale