

INSTALLAZIONE DI UN SISTEMA ELEKTA UNITY IN BUNKER IPOGEO

Movimentazione e gestione logistica in ambiente ad alta complessità vincolata

Danilo Mollica - Stefano Giorgio MITAmbiente Srl



L'installazione di sistemi medicali ad alta complessità tecnologica in ambienti non convenzionali rappresenta un caso applicativo di MITAmbiente rilevante nell'ambito dell'ingegneria sanitaria e della logistica industriale avanzata.

In particolare, la movimentazione e il posizionamento di apparecchiature elettromedicali di grandi dimensioni in contesti ipogei impongono un approccio sistemico basato su un'analisi preventiva dei vincoli, una pianificazione operativa e una gestione strutturata del rischio.

Il presente lavoro descrive il caso studio relativo all'installazione di un sistema Elekta Unity (Figura 2) presso la Casa di Cura Bonvicini (Bolzano) (Figura 1), caratterizzato da condizioni geometriche e infrastrutturali fortemente limitanti.

OBIETTIVO

Analizzare le criticità tecniche e logistiche associate al trasferimento, alla movimentazione controllata e all'installazione di un sistema di radioterapia MR-guided in ambiente ipogeo, con particolare riferimento a:

- vincoli geometrici e altimetrici;
- gestione dei carichi eccezionali;
- sicurezza operativa in spazi confinati;
- ottimizzazione delle sequenze operative.

TECNOLOGIA INSTALLATA

Il sistema Unity integra un acceleratore lineare da 6 MV con una risonanza magnetica da 1,5 T, configurandosi come piattaforma avanzata per radioterapia adattativa guidata da imaging.

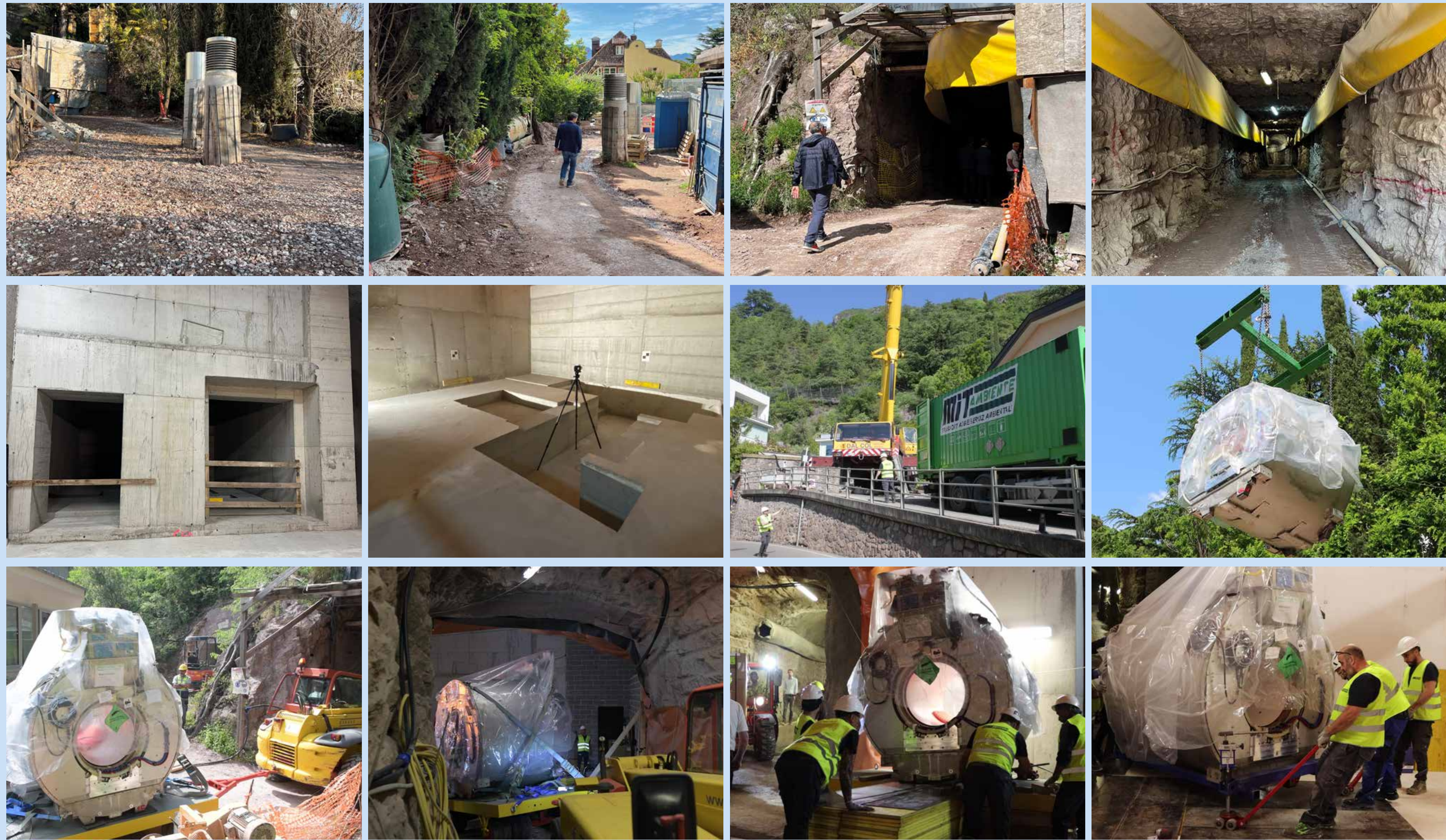
Dal punto di vista ingegneristico, il sistema presenta:

- un'elevata massa complessiva e una distribuzione non uniforme dei carichi;
- componenti ad alta sensibilità meccanica ed elettromagnetica;
- tolleranze di installazione dell'ordine del millimetro.

Tali caratteristiche impongono vincoli stringenti sulle modalità di trasporto, movimentazione (Figura 3) e posizionamento finale.



Figura 4 - Fasi operative



ANALISI DEL CONTESTO

Il sito di installazione è stato caratterizzato mediante analisi preliminare svolta da MITAmbiente sia dei vincoli urbani che infrastrutturali.

Vincoli esterni (macro-logistica):

- rete viaria urbana con limitazioni geometriche (sezioni ridotte, raggi di curvatura limitati, pendenze e dislivelli);
- traffico elevato e necessità di pianificazione temporale delle operazioni;
- interferenze con contesto residenziale.

Vincoli interni (micro-logistica):

- accesso tramite galleria di lunghezza ~200 m;
- pendenza longitudinale costante pari all'8%;
- larghezza utile con tolleranze laterali ridotte (~15 cm per lato);
- assenza di aree intermedie di buffer o staging.

Il contesto è stato classificato come ambiente ad alta complessità vincolata, richiedendo approcci di tipo ingegneristico predittivo.

METODOLOGIA OPERATIVA

L'approccio adottato da MITAmbiente si è basato su:

- rilievi dimensionali di dettaglio e modellazione del percorso;
- analisi delle interferenze (clearance analysis);
- simulazione delle traiettorie di movimentazione;
- definizione di procedure operative standard (SOP);
- implementazione di un piano di gestione del rischio.

Sono stati inoltre definiti:

- i punti critici (critical points) lungo il percorso;
- le soglie operative di sicurezza;
- i protocolli di comunicazione tra operatori.

FASI OPERATIVE

Le operazioni (Figura 4) sono state articolate da MITAmbiente secondo una sequenza controllata:

1. Preparazione del sito

- adeguamento delle superfici portanti;
- installazione di sistemi di protezione e distribuzione dei carichi.

2. Trasporto primario e sollevamento

- impiego di autotreni e autoarticolati in contesti critici;
- utilizzo di sistemi di sollevamento ad alta capacità con controllo sincronizzato.

3. Movimentazione in galleria

- utilizzo di sistemi di traslazione a bassa velocità e alta precisione;
- controllo continuo di assetto, allineamento e carichi.

4. Posizionamento e installazione

- allineamento fine mediante sistemi di regolazione micrometrica;
- verifica delle tolleranze geometriche.

CASO CRITICO: MOVIMENTAZIONE DEL MAGNETE

La fase più critica ha riguardato la movimentazione del magnete della risonanza magnetica (Figura 5).

Parametri operativi:

- massa: 5 t;
- pendenza: 8%;
- tolleranza laterale: ± 15 cm.

Principali criticità:

- rischio di deriva laterale lungo piano inclinato;
- controllo della velocità in condizioni di elevata massa;
- gestione delle forze di attrito e inerzia;
- necessità di mantenere allineamenti stringenti.

Figura 5 - Movimentazione del magnete



Soluzioni adottate:

- utilizzo di carrelli motorizzati a controllo fine;
- sistemi di vincolo e guida laterale;
- monitoraggio continuo dei parametri operativi;
- coordinamento centralizzato delle operazioni.

RISULTATI

L'intervento di MITAmbiente ha consentito:

- il trasferimento in sicurezza di tutti i componenti;
- il mantenimento dell'integrità funzionale delle apparecchiature;
- il rispetto delle tolleranze di installazione;
- l'assenza di incidenti o eventi critici.

Il progetto ha dimostrato l'efficacia di un approccio basato su pianificazione predittiva e controllo operativo.

CONCLUSIONI

L'installazione di sistemi complessi in ambienti ipogei richiede un approccio ingegneristico strutturato, basato su:

- analisi multidisciplinare dei vincoli;
- modellazione preventiva delle operazioni;
- gestione integrata del rischio.

Il caso studio evidenzia come l'applicazione di metodologie proprie dell'ingegneria consenta di affrontare con successo scenari ad elevata complessità operativa, contribuendo allo sviluppo di infrastrutture sanitarie avanzate.