

Metodi neutronici per *homeland security ed antiterrorismo*

R. Bedogni
INFN LNF Frascati (RM)

L. Faillace
SIT Sordina IORT Technologies S.p.A. Aprilia (RM)



Traffici di materiali nucleari & terrorismo

1. Esiste una offerta relativamente “abbondante”
2. U235, U233, Pu, sono utili per ordigni esplosivi
3. U238 combustibile “a basso costo” per produrre Pu
4. Qualsiasi materia radioattiva è utile alla produzione di bombe sporche (RDD)
5. L'effetto sulla collettività di un attacco con materiale nucleare o radioattivo è potenzialmente catastrofico
 - Condizione psicologica di “panico latente” legata al clima di insicurezza per il rischio terrorismo
 - Il “nucleare” è stato per più di 40 anni il simbolo indiscusso del potere annientatore delle super-potenze

Quanto ne serve ?

	Minimal mass	R (cm)
239Pu	4 kg	< 4
235U	25 kg	< 7



Anello di Plutonio per ordigni nucleari a fissione di tipo "a cannone"
Massa 5.3 kg, diam. 11 cm.

Immagine da *U.S. DOE*

Interessa ai terroristi ?

Il database ITDB (Illicit Traffick Database) della IAEA (programma volontario, 131 paesi aderenti) riporta quasi 3000 episodi di traffici illeciti con materie nucleari e radioattive dal 1993 al 2015.

30 eventi con Uranio 235 o altamente arricchito (HEU)

21 eventi con Plutonio

Esempi:

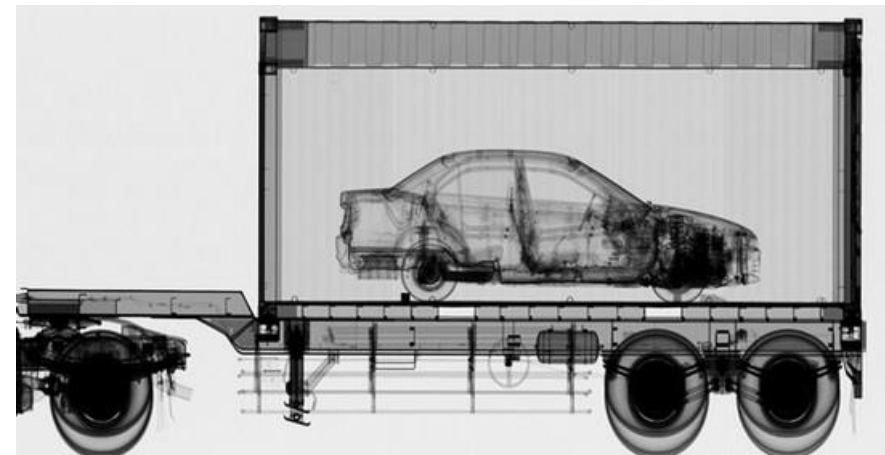
2010, August 24 / Moldova: 1.8 kg di uranium-238, tentativo di vendita per 9 M€

2011, 29 June / Moldova: 1 kg di Uranium-235 tentativo di vendita

(www.bbc.co.uk)

Il controllo delle merci in ingresso

- La metà delle merci sul mercato europeo viaggiano **per mare**.
- L'Italia è il secondo maggior importatore UE con 157 milioni di tonnellate di merci arrivate nei suoi porti (2015).
- Il solo porto di Genova gestisce più di 2 milioni di containers per anno
- L'Agenzia delle Dogane ha in uso sistemi di ispezione a raggi X di alta energia (4 MV) per i porti.



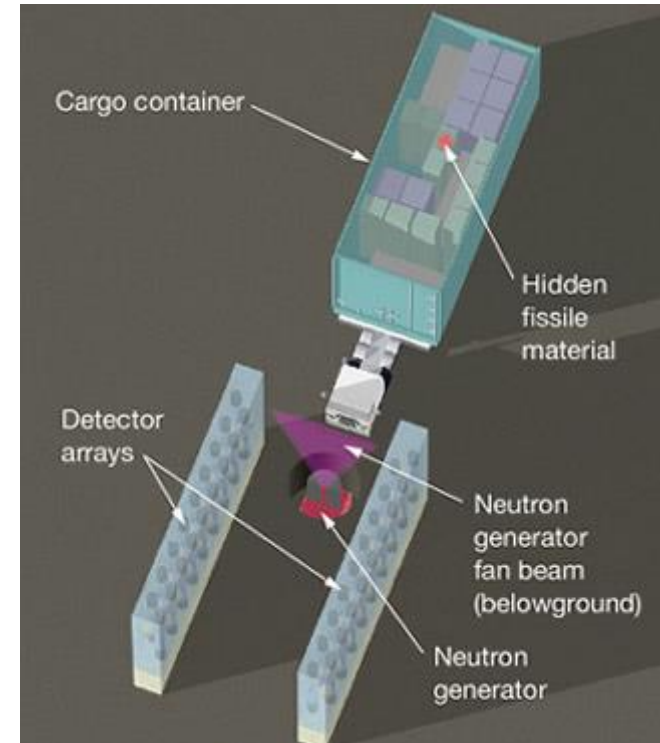
Varian Medical Systems

Interrogazione attiva

- Ritenuto l'unico metodo fattibile per identificare i SNM
- Si irradiano i campioni con raggi X di alta energia oppure neutroni, inducendo fissioni nei SNM
- La radiazione di "ritorno" (neutroni o gamma, immediati o ritardati) può essere usata per confermare la presenza di SNM

Es1 LLNL: interrogazione neutronica veloce + lettura del segnale gamma ritardato (target 5 kg HEU, 1 kg Pu)

Es2 EU JRC: Interrogazione con neutroni termici da generatore + lettura dei neutroni veloci immediati (target < kg HEU)



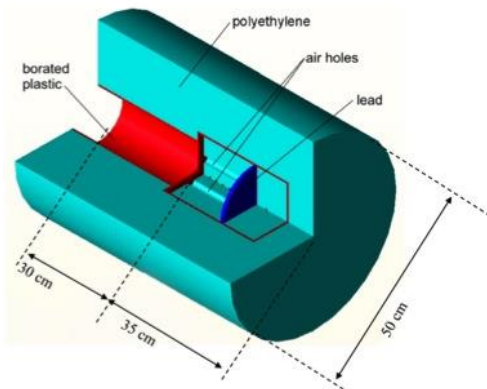
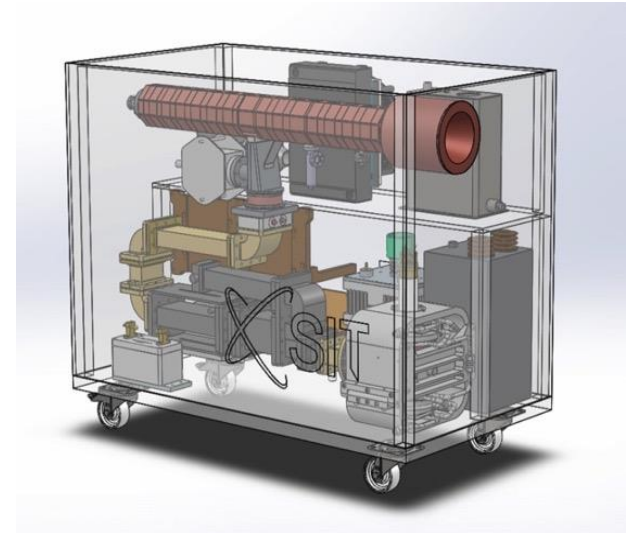
LLNL.GOV

Idea progettuale per un sistema di ricerca di SNM basato su:

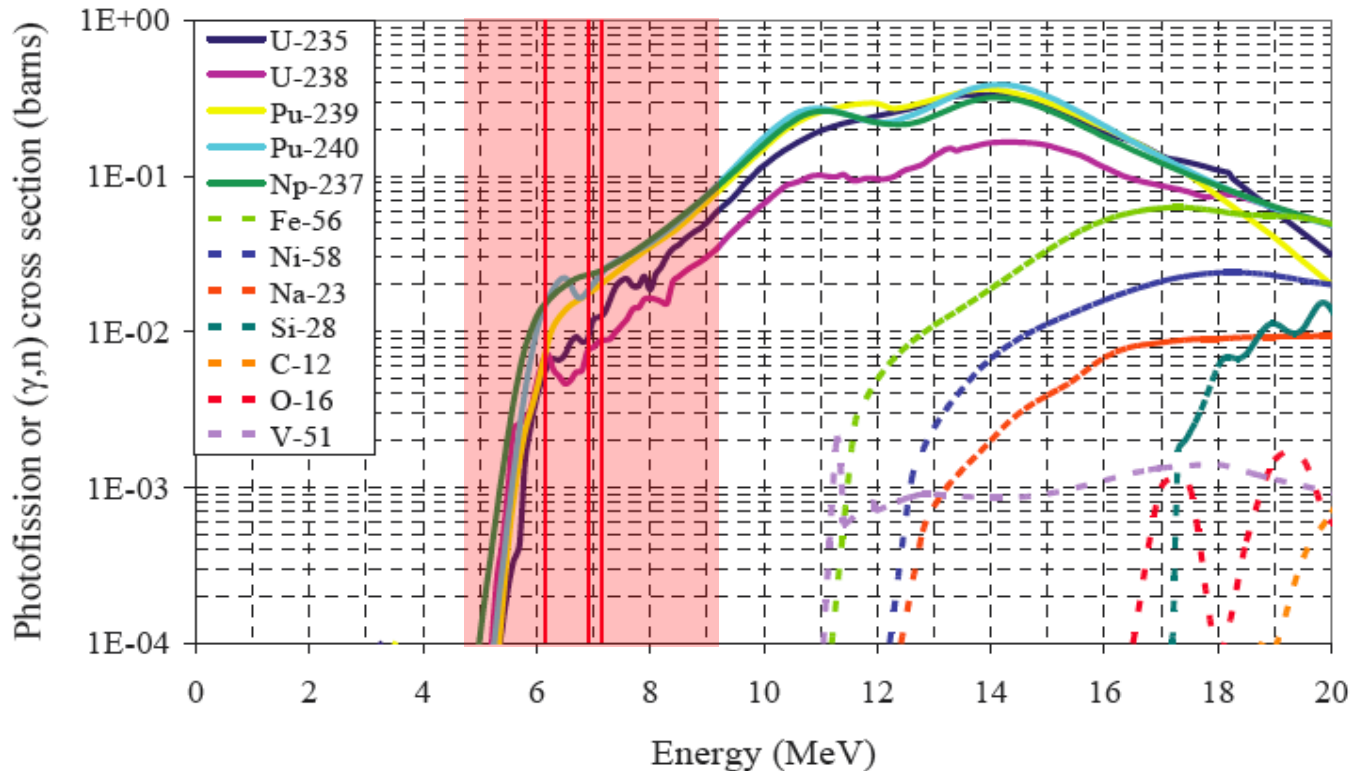
Irraggiamento con **acceleratori di elettroni compatti**, adattati per produrre

- raggi X di alta energia
- Neutroni

Rivelazione dei NEUTRONI di fissione grazie alle diagnostiche **direzionali e spettrometriche** sviluppate ai LNF



Interrogazione attiva con raggi X di alta energia



- La fissione indotta dai fotoni (quindi la generazione di neutroni) ha un picco intorno a 14 MeV. Tuttavia, neutroni vengono generati allo stesso tempo nei materiali circostanti.
- La scelta di operare con fotoni da 9 MeV rappresenta il miglior compromesso per massimizzare il rapporto segnale-rumore senza rilevare i materiali di "non interesse".

Acceleratori lineari (LINAC) della SIT

LIAC® e NOVAC® : acceleratori di elettroni (linac) mobili dedicati alla IORT (radioterapia intra-operativa)

La tecnologia per i Linac sviluppata alla SIT permette di produrre sistemi **compatti, leggeri e facili da trasportare.**

Tale tecnologia può avere applicazioni non solo nel campo medicale ma anche industriale e della ricerca, ad esempio per **sorgenti di raggi X di alta energia per interrogazione attiva.**



SIT MAP - LIAC and NOVAC Installed



WORLD WIDE DIFFUSION

- Italy
- Austria
- Belgium
- Chile
- Costa Rica
- Cuba
- Ecuador
- Georgia
- Germany
- Greece
- Iran
- Kazakhstan
- Mexico
- Poland
- Russia
- Saudi Arabia
- Spain
- Switzerland
- Thailand
- Turkey
- USA - Florida
- USA - Illinois
- USA - Oklahoma
- USA - Pennsylvania
- Venezuela

Open day imprese - 15 Giugno 2017



Sistema linac per interrogazione attiva proposto dalla SIT

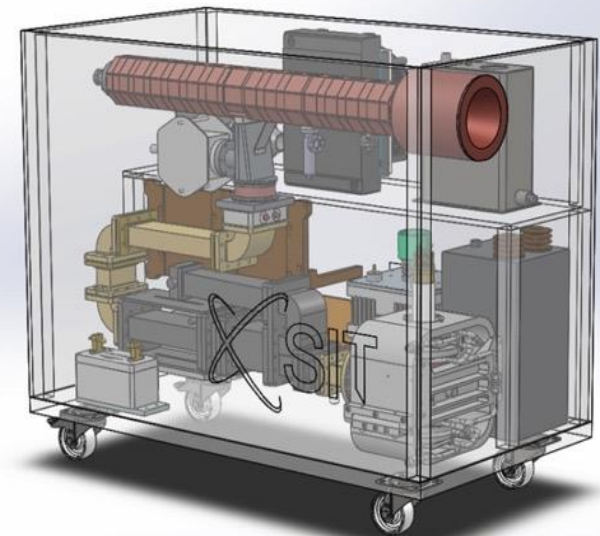
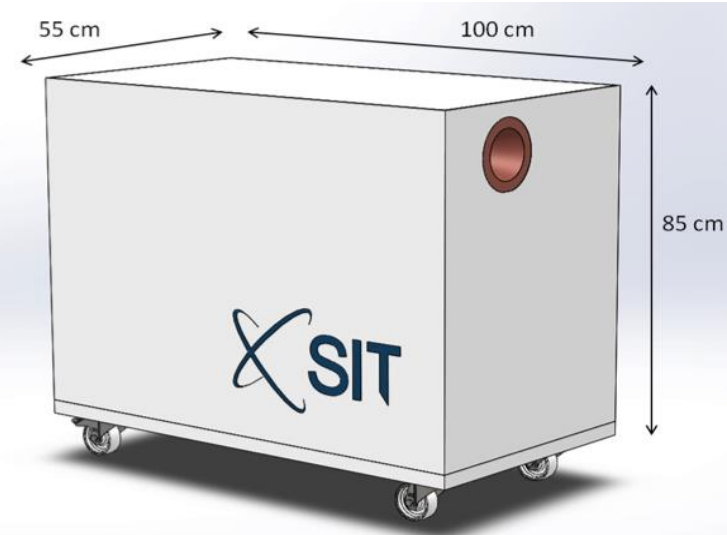
Il sistema usa un linac ottimizzato e dedicato per la produzione di raggi X. E' **compatto, leggero, mobile e "pulito"** (la produzione e la collimazione dei raggi X viene realizzata mediante una struttura interamente in rame).

Acceleratore lineare, modulatore, circuito di raffreddamento e sorgente di potenza RF sono inclusi nella stessa unità mobile. Solo l'unità di controllo e' fornita separatamente.

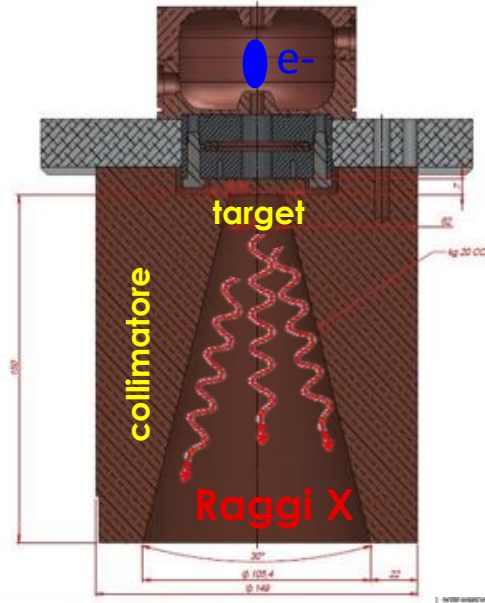


Sistema LINAC innovativo, super compatto e unico nella sua classe.

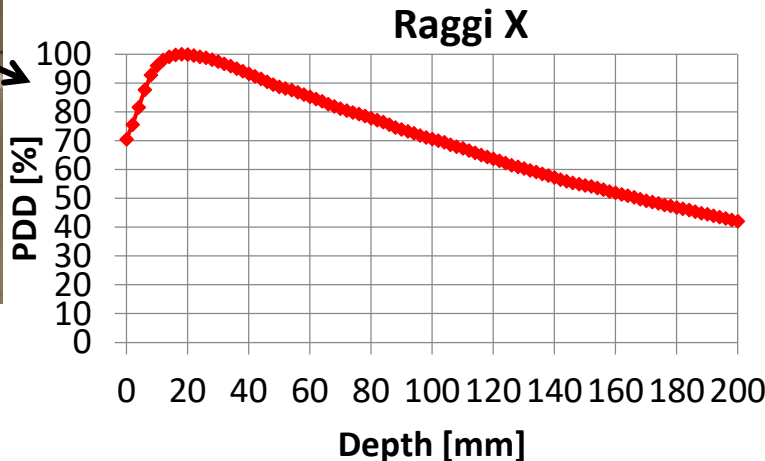
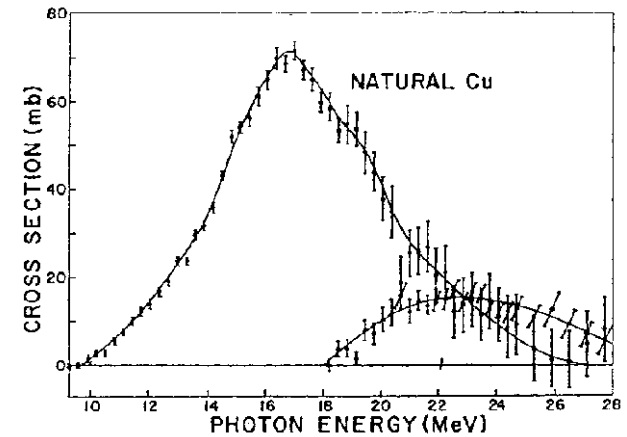
L'energia può essere facilmente variata tra 6MeV e 12MeV (9MeV è il valore ottimale per l'interrogazione attiva).



Produzione e misura dei raggi X

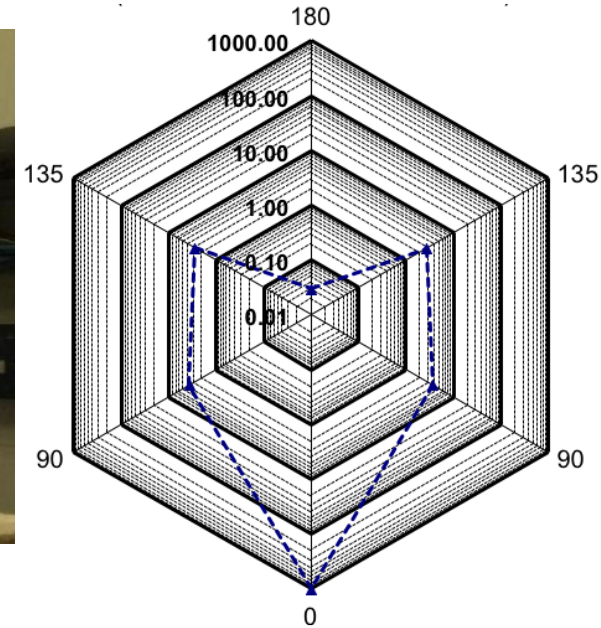
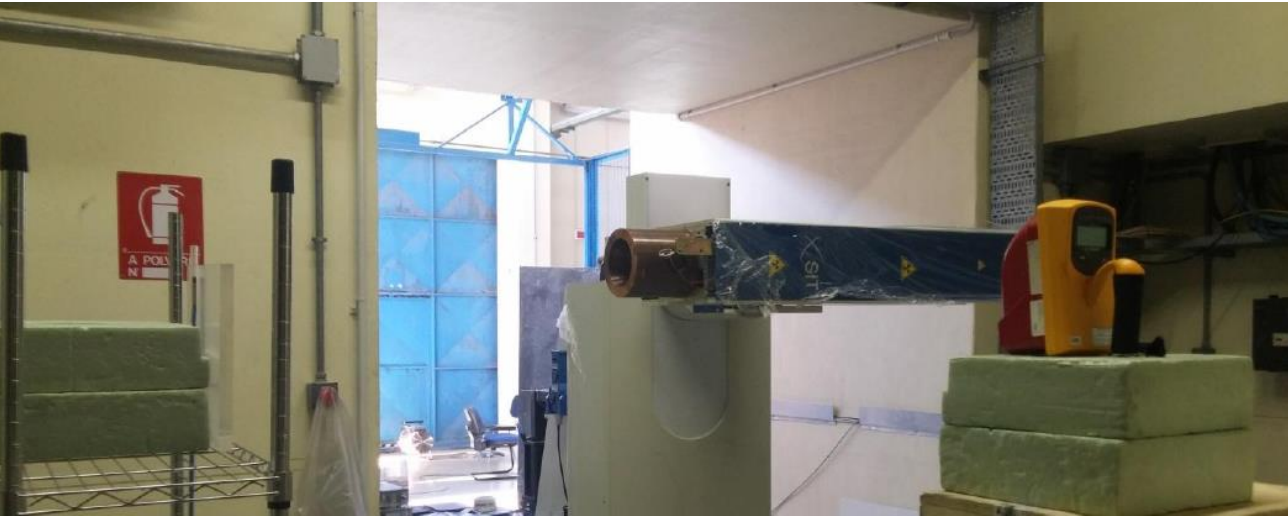


L'uso di rame per il target e il collimatore elimina la produzione di fotoneutroni indesiderati.



I raggi X generati dall'impatto del fascio di elettroni a 9MeV con il target sono rilevati all'interno di un fantoccio ad acqua posto a 1m di distanza (setup SIT).

Distribuzione angolare della radiazione a 1m dal target



**Radiazione diffusa
(distribuzione angolare)**

La radiazione diffusa è inferiore ai limiti previsti dalla norma per acceleratori medicali.

Un valore di radiazione diffusa più basso può essere facilmente ottenuto, se necessario, con una schermatura addizionale intorno al collimatore di rame.

Angle [°]	Value [%]
90	< 0.4
135	< 0.3
180	< 0.003

Conclusioni

Necessità di identificare e monitorare il traffico di **materiale nucleare o radioattivo**, a livello nazionale e mondiale, per motivi di homeland security e antiterrorismo.

L'**interrogazione attiva** è al momento l'unico metodo riconosciuto per identificare SNM (special nuclear material).

La tecnologia all'avanguardia per la produzione di acceleratori lineari (Linac) offre la potenzialità di realizzare **sistemi compatti, leggeri e facili da trasportare** per l'interrogazione attiva.

Disponibilità di **diagnostiche per la rivelazione dei neutroni** (es. direzionali e spettrometriche) generati dalle reazioni nucleari che avvengono durante il processo di interrogazione attiva.