

Sorgenti radioattive per calibrazione

Adolfo Esposito
Radiation Protection Expert
adolfo.esposito@Inf.infn.it

Le sorgenti radioattive in dotazione e in gestione al gruppo di radioprotezione dei LNF sono destinate alle esigenze di caratterizzazione e calibrazione sia della strumentazione di radioprotezione che della strumentazione destinata alla ricerca e degli apparati sperimentali.

DOC-LNF-014699 Terminologia e definizioni

Attivazione: trasformazione di un nucleo stabile in uno instabile in seguito all'interazione di particelle.

Attività: numero di nuclei atomici instabili che si disintegrano nell'unità di tempo. L'unità di misura dell'attività è il becquerel (simbolo Bq).

Becquerel: nome speciale dato all'unità di attività nel Sistema Internazionale delle unità di misura. $1\text{Bq} = 1\text{s}^{-1}$.

Contaminazione radioattiva: inquinamento conseguente alla produzione, alla manipolazione e all'uso di sostanze radioattive, che può prodursi negli ambienti di lavoro o sulle persone dei lavoratori e che può estendersi anche all'ambiente esterno.

Sorgente di radiazioni ionizzanti: apparecchio generatore di radiazioni (macchina radiogena) o sostanza radioattiva, ancorchè contenuta in apparecchiature o dispositivi in genere, dei quali, ai fini della radioprotezione, non si può trascurare l'attività, o la concentrazione di radionuclidi, o l'emissione di radiazioni.

Materiali attivati: qualsiasi materiale che esposto a flussi di particelle ha subito il processo di attivazione.

Sorgente sigillata: sorgente formata da sostanze radioattive solidamente incorporate in materie solide e inattive, o sigillate in un involucro inattivo, che presenti una resistenza sufficiente per evitare, in condizioni normali d'impiego, qualsiasi dispersione di sostanze radioattive e qualsiasi possibilità di contaminazione.

Sorgente non sigillata: sorgente avente caratteristiche tali da non consentire di prevenire qualsiasi dispersione di sostanze radioattive e qualsiasi rischio di contaminazione.

Sostanza radioattiva: ogni specie chimica contenente uno o più radionuclidi di cui, ai fini della radioprotezione, non si può trascurare l'attività o la concentrazione.

- **Divieto di introdurre sostanze radioattive nei LNF o trasferirle fuori di essi, senza darne preventivamente avviso all'Esperto Qualificato.**
- **Divieto di introdurre di introdurre sorgenti non sigillate, a parte quelle destinate esclusivamente alla taratura di strumentazione e purchè il loro impiego non richieda alcuna manipolazione della sostanza radioattiva.**
- **L'acquisto di sostanze radioattive, ovvero di strumenti aventi incorporate dette sostanze, deve essere concordato con l'Esperto Qualificato che vista le relative proposte d'ordine.**
- **Divieto di introdurre o costruire nei LNF macchine radiogene senza il consenso preventivo dell'Esperto Qualificato.**

Prestiti e impiego di sorgenti radioattive

I prestiti non vengono concessi al personale per il quale l'uso di sorgenti radioattive non è previsto espressamente sulla scheda di radioprotezione e che non sia facilmente reperibile nei laboratori.

Il richiedente deve firmare per ricevuta una scheda relativa al materiale prelevato. Sulla stessa scheda saranno anche registrate la data di consegna e la durata del prestito.

Il prelevante è responsabile della sorgente prelevata e deve assicurarne la reperibilità in qualsiasi momento. Il prelevante è altresì responsabile dei danni causati a se stesso o a terzi per imprudenza nell'uso della sorgente prelevata.

Il trasporto della sorgente dal locale ove è depositata al punto in cui sarà utilizzata, e viceversa, deve essere curato dal prelevante.

Il prestito ha la durata stabilita dall'U.F. Fisica Sanitaria all'atto del prelievo. Allo scadere del periodo di prestito, il prelevante deve restituire la sorgente o chiedere il rinnovo del prestito.

Contenitore di sicurezza cartello e scheda. Sul cartello e sulla scheda sono indicate le principali caratteristiche del materiale radioattivo e le precauzioni da attuare per la salvaguardia della propria e dell'altrui incolumità. Il cartello deve essere sempre esposto ben visibile accanto alla sorgente.

Il locale, nel quale s'intende utilizzare e/o custodire la sorgente prelevata, deve essere in regola con la normativa vigente nel campo della prevenzione incendi. Sulla sua porta di accesso deve essere affisso un cartello di segnalazione di rischio da radiazione, fornito anch'esso all'atto del prelievo.

Quando la sorgente prelevata non viene usata, deve rimanere custodita nel suo contenitore di sicurezza in un armadio metallico, in luogo chiuso a chiave, e con il cartello chiaramente in vista davanti al luogo ove è rinchiusa.

Divieto di usare sotto vuoto le sorgenti.

Smarrimento di sorgenti radioattive

Nel caso di smarrimento di una sorgente radioattiva il prelevante ha l'obbligo di avvisare immediatamente il personale dell'U.F. Fisica Sanitaria e l'Esperto Qualificato.

L'Esperto Qualificato provvederà, per conto della Direzione dei LNF, ad effettuare la comunicazione di smarrimento agli organi del Servizio Sanitario Nazionale e al Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco competenti per territorio, alla più vicina autorità di Pubblica Sicurezza e all'ANPA.

Il successivo ritrovamento del materiale smarrito deve essere comunicato al più presto all'Esperto Qualificato che provvederà ad informarne tempestivamente la più vicina autorità di Pubblica Sicurezza.

Rischi connessi con incendi che coinvolgano sostanze radioattive

Nel caso un incendio coinvolga sostanze radioattive, potrebbero risultare per i soccorritori, in aggiunta al rischio legato all'incendio e alla sua estensione, il rischio di irradiazione esterna, dovuto alle radiazioni penetranti emesse dalle sostanze radioattive, e il rischio di irradiazione interna e di contaminazione, dovuto alla loro eventuale dispersione nell'ambiente.

Rischio di irradiazione esterna.

Un modesto rischio di irradiazione esterna è sempre presente quando ci si avvicina a sorgenti radioattive o materiali attivati, anche se ben schermati. Tale rischio può diventare importante nel caso l'incendio distrugga gli schermi di protezione.

Rischio di contaminazione.

Il rischio di contaminazione può essere provocato da radionuclidi sotto forma di polveri, aerosol, vapori, che successivamente, per ricaduta, contaminano le superfici circostanti.

Tale rischio, nel caso dei LNF, è di natura molto modesta, tenuto conto che le strutture eventualmente attivate della macchina sono essenzialmente costituite da materiali solidi quali ferro, acciaio, rame, alluminio, con assenza pressoché totale di contaminazione superficiale rimovibile e che la maggior parte delle sorgenti radioattive detenute nei LNF sono sigillate in acciaio inox.

Azioni da effettuare nel caso venga avvistato un incendio che coinvolga sorgenti radioattive e/o materiali attivati

Le sorgenti radioattive e i materiali attivati detenuti nei LNF sono custoditi, a cura dell'U.F. Fisica Sanitaria, nei depositi di cui alla planimetria del comprensorio INFN-LNF.

Chiunque avvisti un incendio che coinvolga i locali in parola ovvero qualsiasi altro locale ove fossero momentaneamente presenti tali materiali (officine, laboratori etc.), dovrà darne immediata comunicazione al Servizio di Vigilanza, telefono interno d'emergenza 5555.

Detto Servizio di Vigilanza provvederà a richiedere tempestivamente l'intervento dei Vigili del Fuoco e a segnalare l'incendio in atto al Responsabile del Laboratorio, all'Esperto Qualificato, al Responsabile dell'U.F. Sicurezze, al Delegato di Direzione e/o al Direttore.

In attesa dell'intervento dei Vigili del Fuoco e dell'arrivo dei Responsabili avvertiti dal Servizio di Vigilanza, i primi soccorritori provvederanno, nei limiti delle proprie competenze e secondo le indicazioni contenute nel documento "Sicurezza sul lavoro e organizzazione pronto soccorso", ad eliminare tutte le tensioni di alimentazione elettrica dei locali coinvolti, a chiudere le alimentazioni di servizio (aria compressa, gas, liquidi infiammabili etc.), ad allontanare materiali e sostanze che, per loro natura, potrebbero rappresentare pericoli per la propagazione dell'incendio, intervenendo infine sul principio d'incendio con i mezzi di pronto intervento in dotazione.

Precauzioni d'uso delle sorgenti radioattive

SORGENTE IN USO

Cartello di segnalazione accanto alla sorgente

Distanza di sicurezza

Uso del dosimetro se richiesto

Precauzioni nello spostamento o manipolazione

Cartello di segnalazione sulla porta di accesso al locale di utilizzo

SORGENTE NON IN USO

Chiusa in armadio metallico

Cartello di segnalazione affisso sull'armadio

SORGENTE SMARRITA

SERVIZIO SANITARIO NAZIONALE

VIGILI DEL FUOCO

PUBBLICA SICUREZZA

ISIN

SORGENTE RITROVATA

PUBBLICA SICUREZZA



MATERIALE RADIOATTIVO

INTENSITA' DI DOSE A 10 cm

_____ $\mu\text{Sv/h}$

MISURA EFFETTUATA IL



RADIONUCLIDE Matricola

Emissione principale Energia

Attività al..... Tempo di dimezzamento.....

NORME DI PROTEZIONE

Distanza da osservare: a) sorgente dentro contenitore cm.....

b) sorgente fuori contenitore cm.....

La sorgente deve essere spostata con:

Dosimetri prescritti:

Note:

Le sorgenti in dotazione al Gruppo di Radioprotezione dei LNF

Sorgenti alfa

Tutte le sorgenti sono di attivita' modesta.

Sorgenti beta

Tutte le sorgenti sono sorgenti sigillate.

Sorgenti gamma

Sorgenti per calibrazione e quindi non adatte per misure di *radiation hardness*

Sorgenti di neutroni

Sorgenti di raggi x

Sorgente di raggi x per XRF

Classificazione ISO

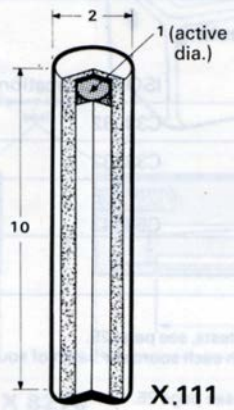
Trattasi dei requisiti minimi che devono avere le sorgenti radiative sigillate per l'uso normale e rischio di incidente ragionevole. Sono esclusi I rischi di incendio, esplosione o corrosion.

Lettera Iniziale C o E nella classificazione. La lettera C indica che l'attivita' e' inferiore a certi limiti ipendenti dalla tossicita' solubilita' e reattivita'

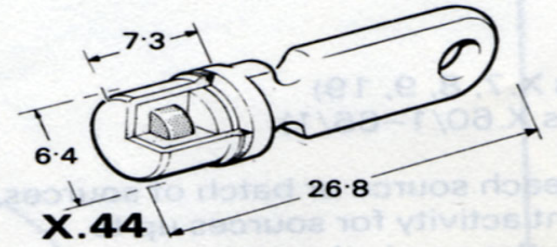
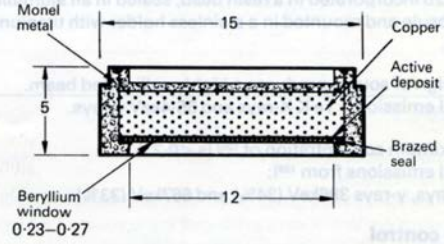
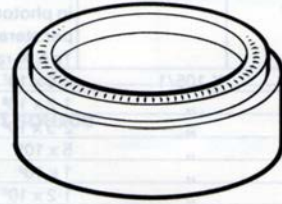
Table 1. Classification of sealed source performance standards

Test	Class					
	1	2	3	4	5	6
Temperature	No test	-40°C (20 min) +180°C (1 h)	-40°C (20 min) +80°C (1 h)	-40°C (20 min) +400°C (1 h) and thermal shock 400°C to 20°C	-40°C (20 min) +600°C (1 h) and thermal shock 600°C to 20°C	-40°C (20 min) +800°C (1 h) and thermal shock 800°C to 20°C
External pressure	No test	25kPa absolute to atmospheric pressure	25kPa absolute to 2MPa absolute	25kPa absolute to 7MPa absolute	25kPa absolute to 70MPa absolute	25kPa absolute to 170MPa absolute
Impact	No test	50g from 1m	200g from 1m	2kg from 1m	5kg from 1m	20kg from 1m
Vibrations	No test	30min 25Hz to 500Hz at 5g _n peak amplitude	30min 25Hz to 50Hz at 5g _n peak amplitude and 50Hz to 90Hz at 0.635mm amplitude peak to peak and 90Hz to 500Hz at 10g _n	90min 25Hz to 80Hz at 1.5mm amplitude peak to peak and 80Hz to 2000Hz at 20g _n		
Puncture	No test	1g from 1m	10g from 1m	50g from 1m	300g from 1m	1kg from 1m

Point sources

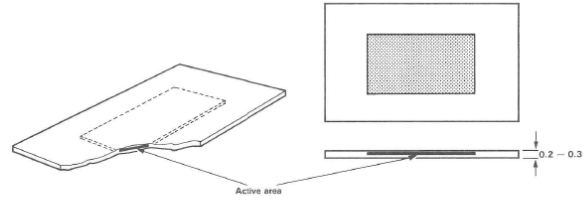


encapsulated sources

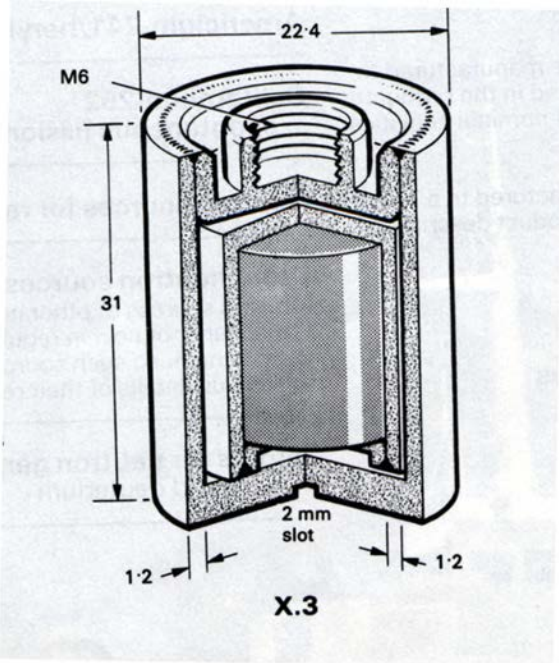
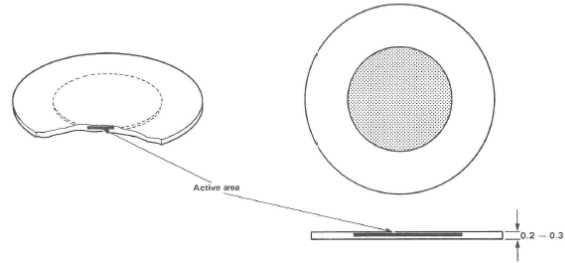


Extended area sources

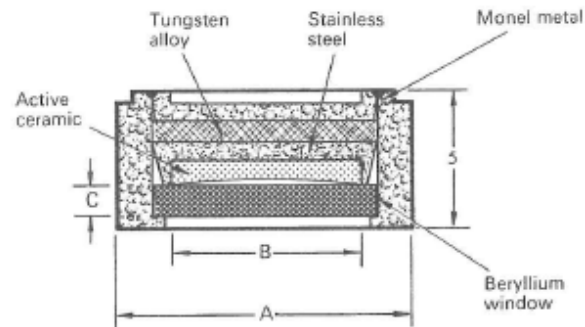
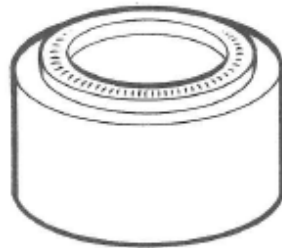
rectangular



circular



annular sources



Safety performance testing

	ISO Classification	IAEA Special form
X.131/4	C.64344	SFC.144
X.134/4	C.64344	SFC.146
X.87/2	C.34343	

Sorgenti alfa

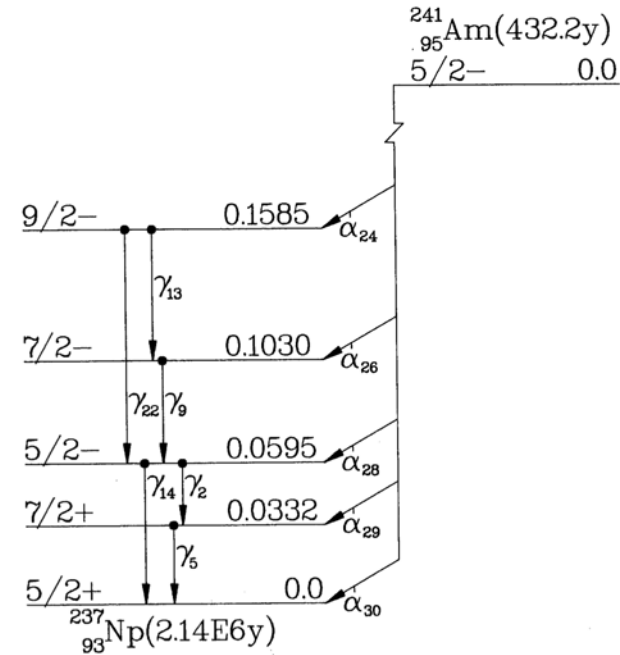
Am-241 di attivita' al 30/9/2015 pari a circa 38 kBq working life 15 years

Principale emissione alfa 5443, 5486 keV

<u>RADIATION</u>	<u>y(i)</u> (Bq-s) ⁻¹	<u>E(i)</u> (MeV)
α 24	1.40E-02	5.388E 00
α recoil	1.40E-02	9.100E-02
α 26	1.28E-01	5.443E 00
α recoil	1.28E-01	9.193E-02
α 28	8.52E-01	5.486E 00
α recoil	8.52E-01	9.265E-02

Unica sorgente disponibile in previsione la possibilita' di acquisto di una sorgente a tre picchi , senza presenza di materiali fissili.

Np-237 alfa 4.788 MeV
 Am-241 alfa 5.486 MeV
 Cm-237 alfa 5.805 MeV



E' previsto l'acquisto di una sorgente ad alta attivita' per tecnica di datazione mediante termoluminescenza

Sorgenti beta

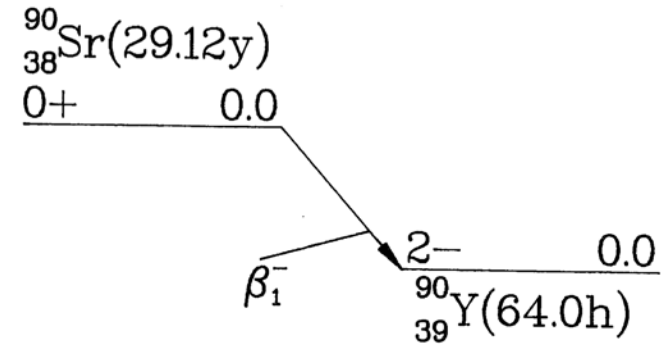
Sr-90 di attivita' al 30/9/2015 pari a circa 1.77 MBq

Sr-90 di attivita' al 30/9/2015 pari a circa 2.31 MBq (due sorgenti)

38-STRONTIUM-90

HALFLIFE = 29.12 YEARS 12-DEC-77
 DECAY MODE(S): β^-

RADIATION	y(i) (Bq-s) ⁻¹	E(i) (MeV)	y(i)×E(i)
β^- 1	1.00E 00	1.957E-01*	1.96E-01
LISTED β , ce AND Auger RADIATIONS			1.96E-01
LISTED RADIATIONS			1.96E-01



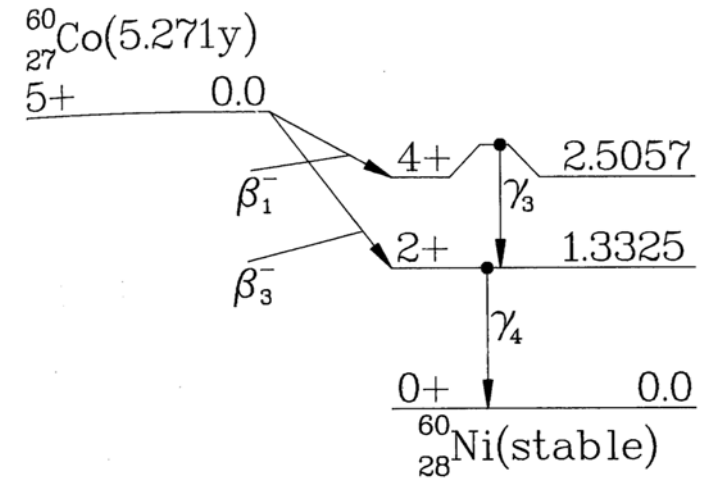
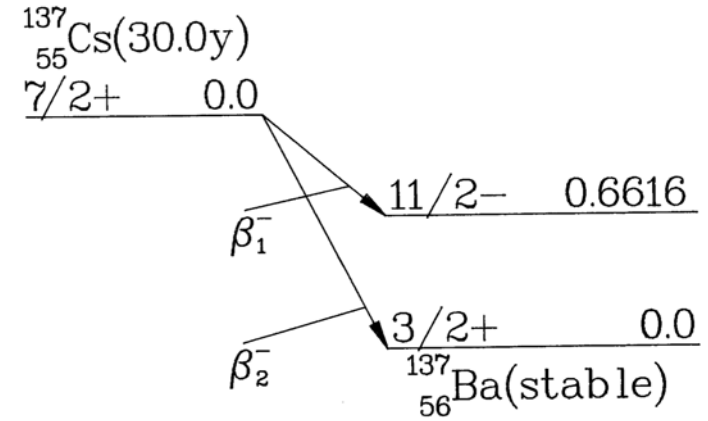
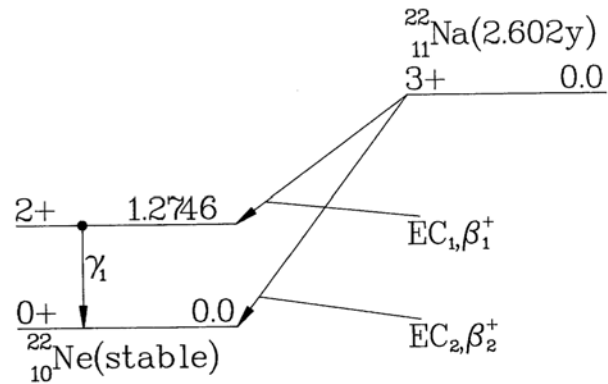
E' previsto l'acquisto di una sorgente ad alta attivita' per tecnica di datazione mediante termoluminescenza

Sorgenti gamma

Co-60 di attivita' al 30/9/2015 pari a circa 3.00 MBq

Cs-137 di attivita' al 30/9/2015 pari a circa 1040 MBq

Na-22 di attivita' al 30/9/2015 pari a circa 0.2 kBq



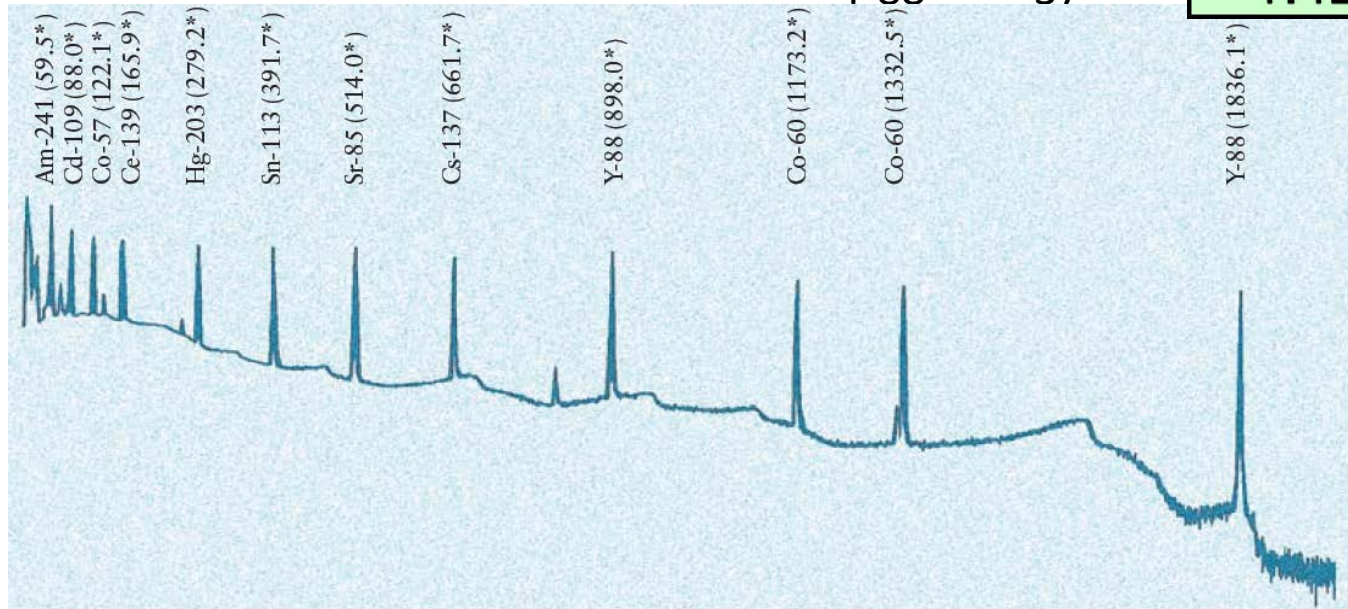


Radionuclide

Nominal activity [kBq]

Am-241 37
 Ba-133 37
 Cs-137 37
 Co-57 37
 Co-60 37
 Hg-203 74
 Mn-54 37
 Na-22 37
 Y-88 37

4.07E-02
1.97E-02
1.32E-06
9.23E-03
3.22E-02
6.04E-28
5.49E-06
1.98E-03
1.42E-13



Calibration Facilities

γ facility (Am-241, Cs-137, Co-60)

Am-241 1070 MBq

Cs-137 21500 MBq

Co-60 170 MBq

attività' al 30/9/2015

n facility (Am-Be)

Am-Be di attività' al 30/9/2015 pari
a circa 35300 MBq

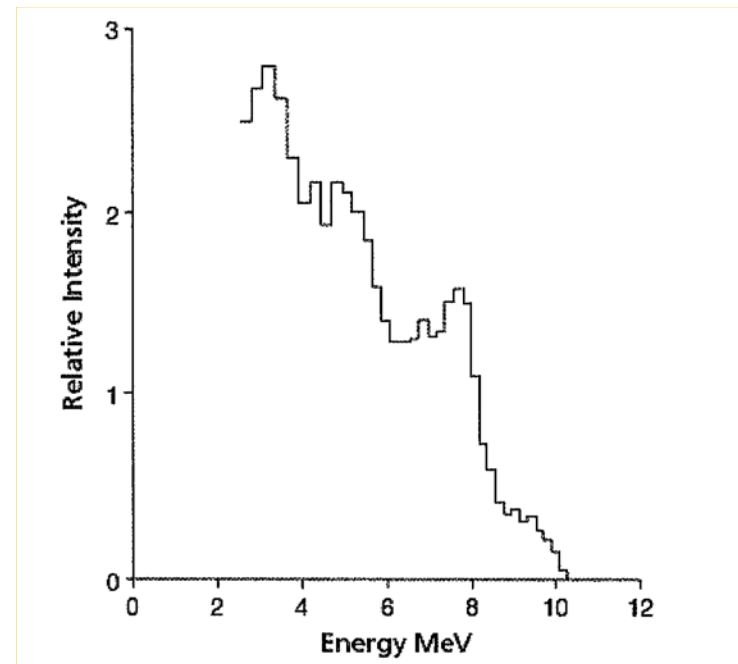


Sorgenti Neutroni

Am-Be di attivita' al 30/9/2015 pari a circa 3530 MBq

Am-Be di attivita' al 30/9/2015 pari a circa 35300 MBq

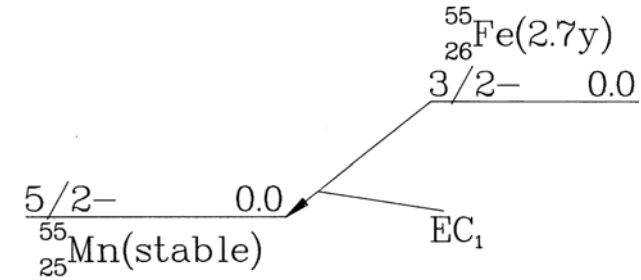
Am-Be di attivita' al 30/9/2015 pari a circa 95900 MBq (Ethernas)



Sorgenti di raggi X

Fe-55 di attivita' al 30/9/2015 pari a circa 0.15 MBq

Fe-55 di attivita' al 30/9/2015 pari a circa 734 MBq



26-IRON-55

HALFLIFE = 2.7 YEARS
DECAY MODE(S): EC

<u>RADIATION</u>	<u>y(i)</u> (Bq-s) ⁻¹	<u>E(i)</u> (MeV)
$\text{K}\alpha_1$ X-ray	1.66E-01	5.899E-03
$\text{K}\alpha_2$ X-ray	8.36E-02	5.888E-03
$\text{K}\alpha_3$ X-ray	6.49E-08	5.770E-03
$\text{K}\beta_1$ X-ray	2.22E-02	6.490E-03

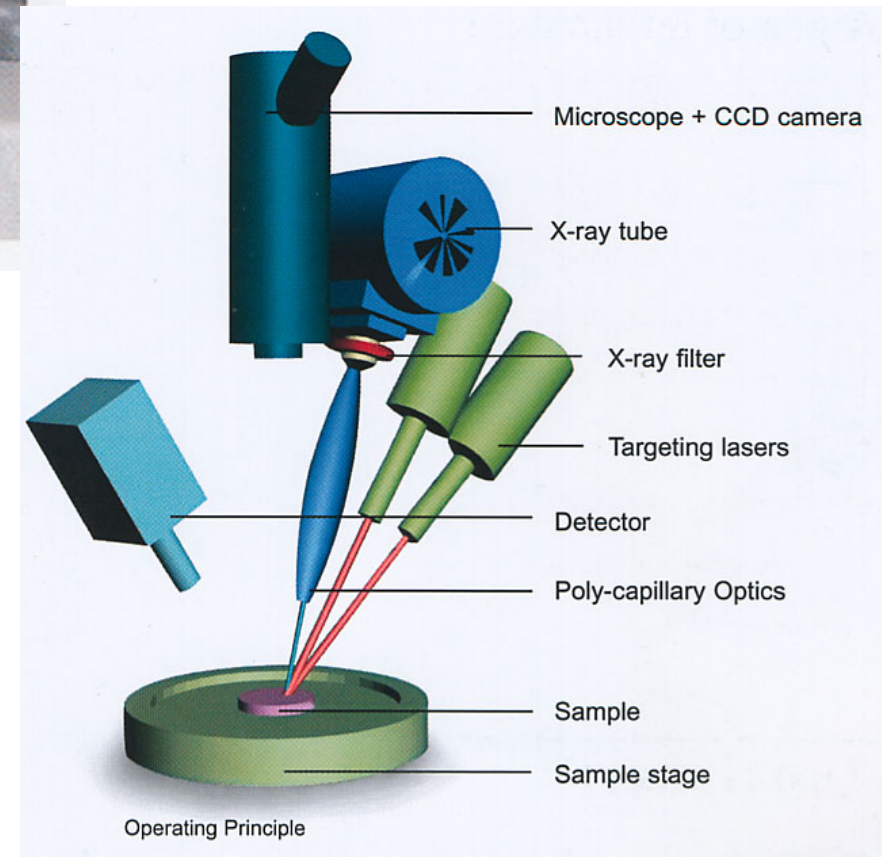
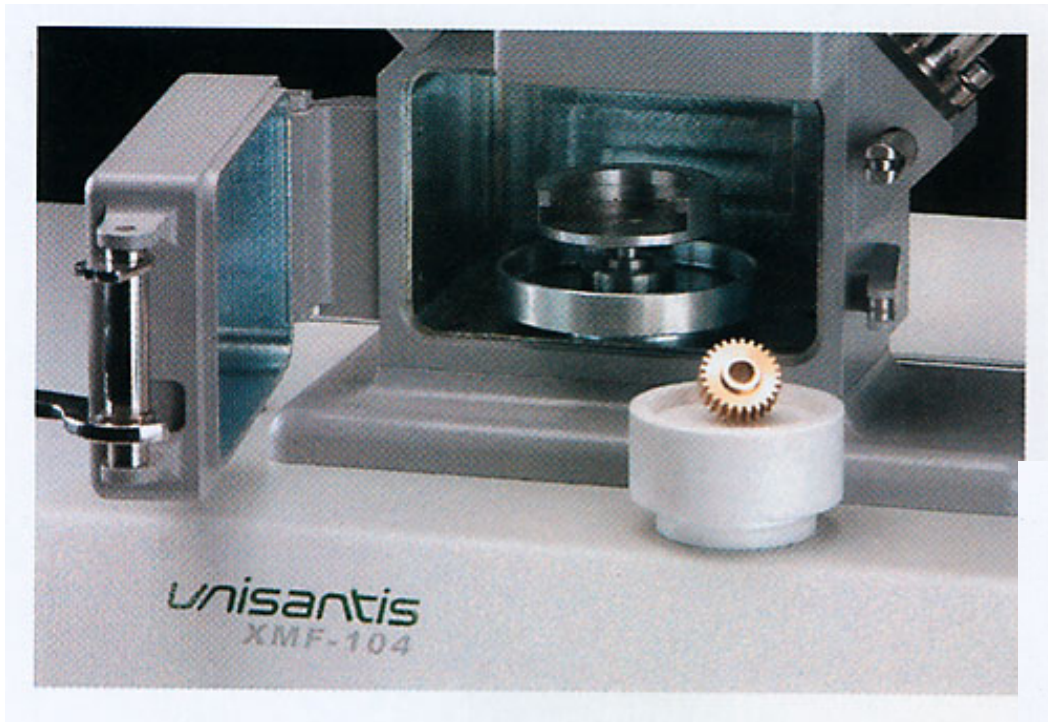
Rateo di equivalente di dose a varie distanze da alcune tipiche sorgenti di calibrazione

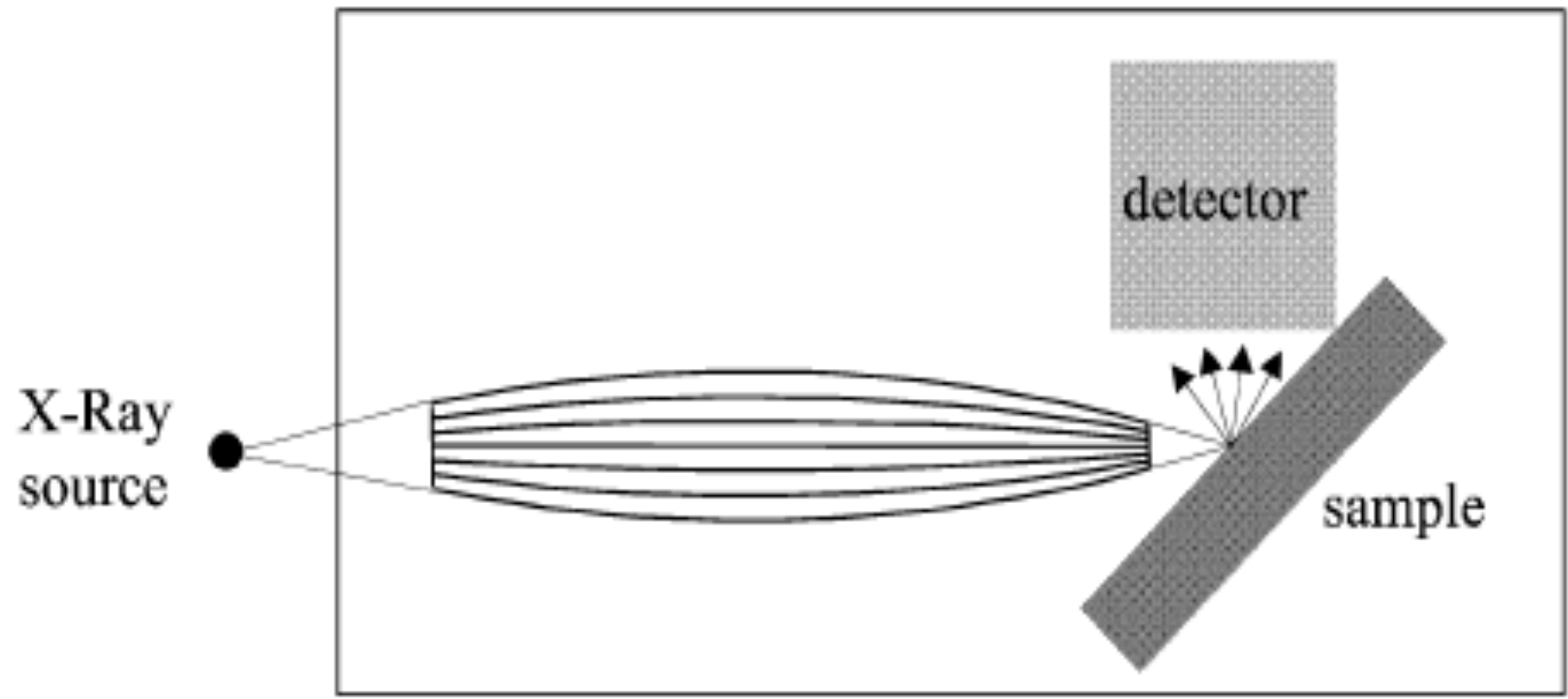
Distanza dalla sorgente (cm)	Sorgente Sr-90/Y-90 ≈259 MBq (mSv/h)(*)	Sorgente Co-56 37 MBq (mSv/h)	Sorgente Co-60 37 MBq (mSv/h)	Sorgente Am-Be 37 GBq (msv/h)	
				Raggi gamma	Neutroni
10	250	1,62	1,21	≈2,1	2,2
20	61,3	0,40	0,30	≈0,5	0,55
50	9,2	0,06	0,05	≈0,08	0,088
100	1,1	0,016	0,012	≈0,02	0,022
200	0,14	0,004	0,003	≈0,005	0,0055

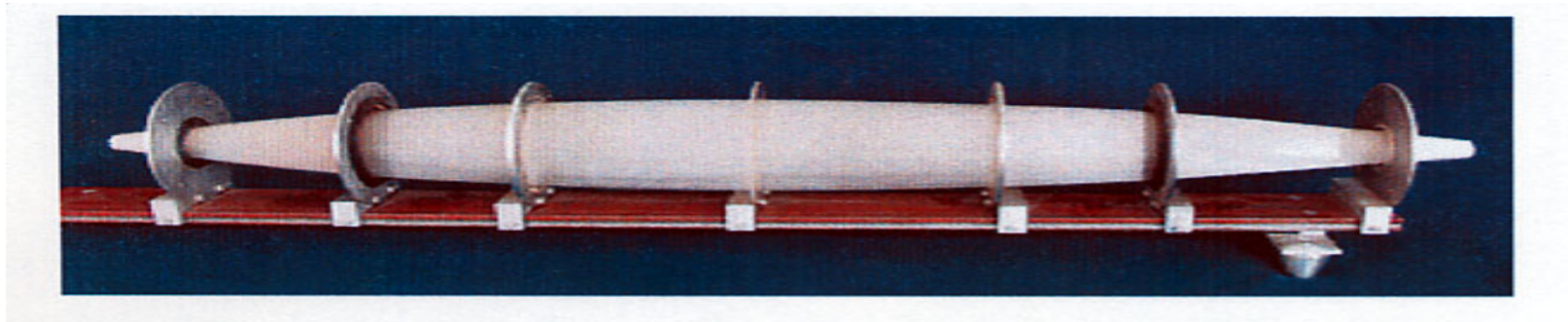
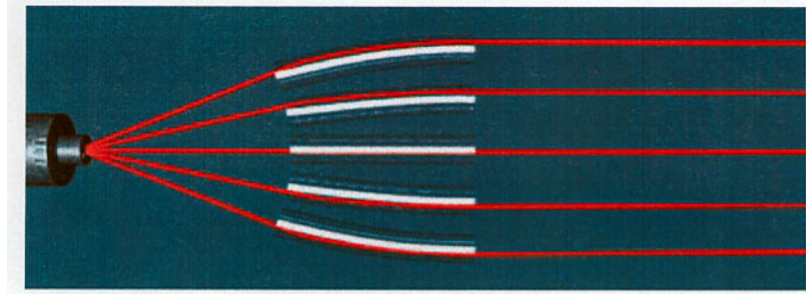
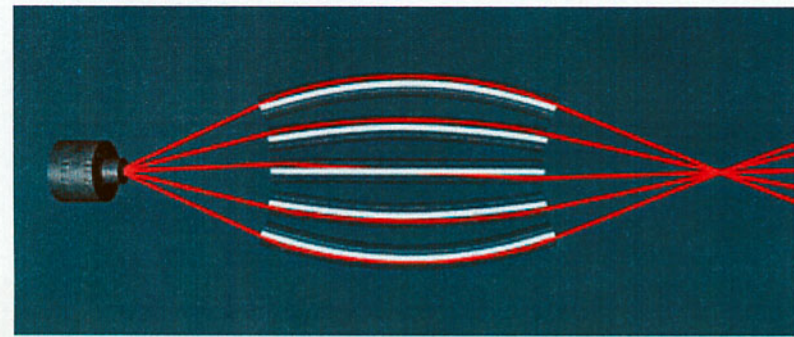
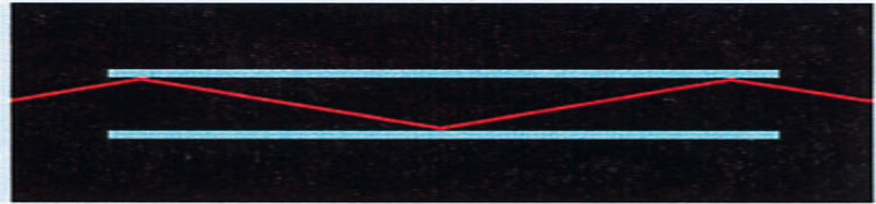
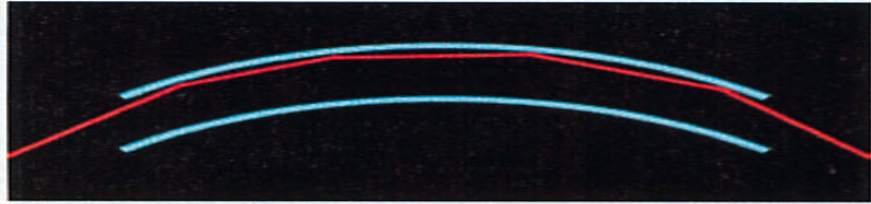
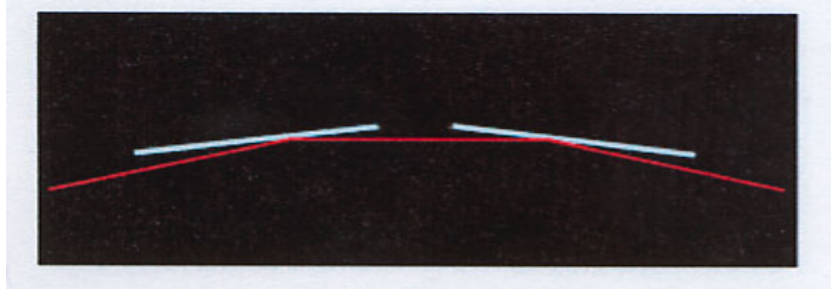
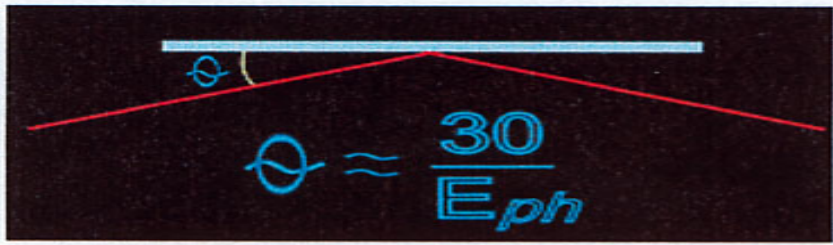
(*) Dati relativi a misure effettuate con una sorgente circolare di diametro 17 mm depositata su un supporto di acciaio alto 12 mm.

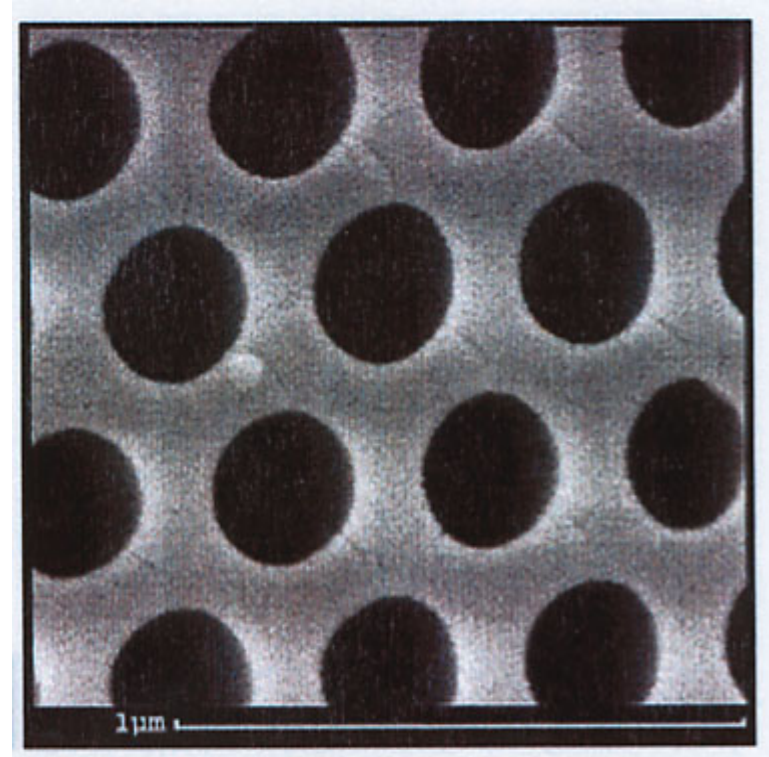
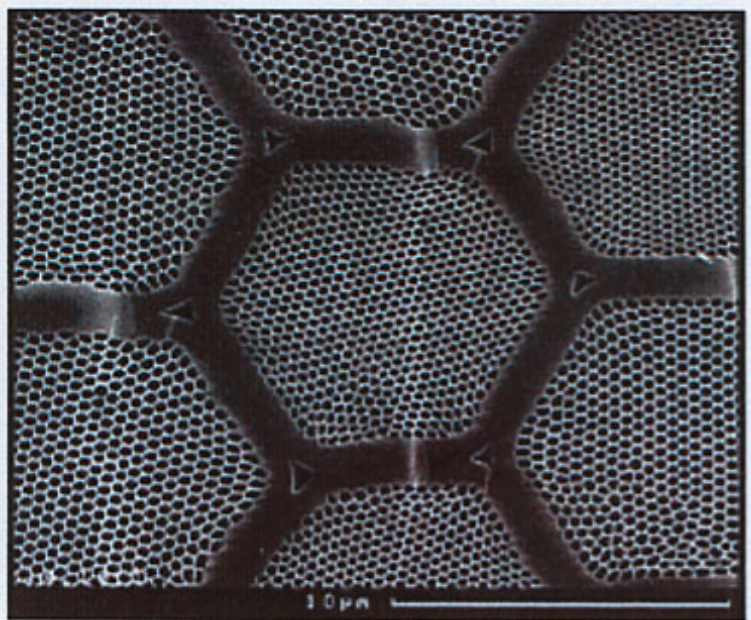
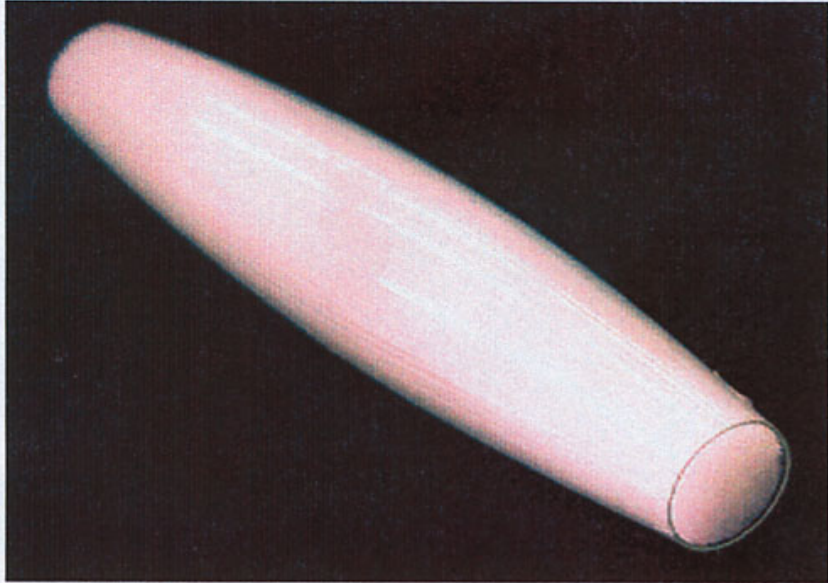
Apparato strumentale

- **Sorgente raggi X (energia ≤ 60 keV)**
- **Rivelatore a semiconduttore Si(Pin) raffreddato per effetto Peltier**
- **Amplificatore di segnale analogico**
- **Analizzatore multicanale MCA (convertitore analogico/digitale)**
- **Sistema di acquisizione ed elaborazione dati**









Applicazione della tecnica XRF

Ai beni culturali

- Dipinti
- Manufatti metallici
- Manufatti ceramici
- Smalti

Inquinamento ambientale

Industria chimica

Industria metalmeccanica

Industria dei materiali preziosi

- Individuazione qualitativa degli elementi chimici presenti nel campione con percentuali in peso < qualche per cento
- Determinazione quantitativa, con errore di qualche per cento, degli elementi chimici presenti nel campione

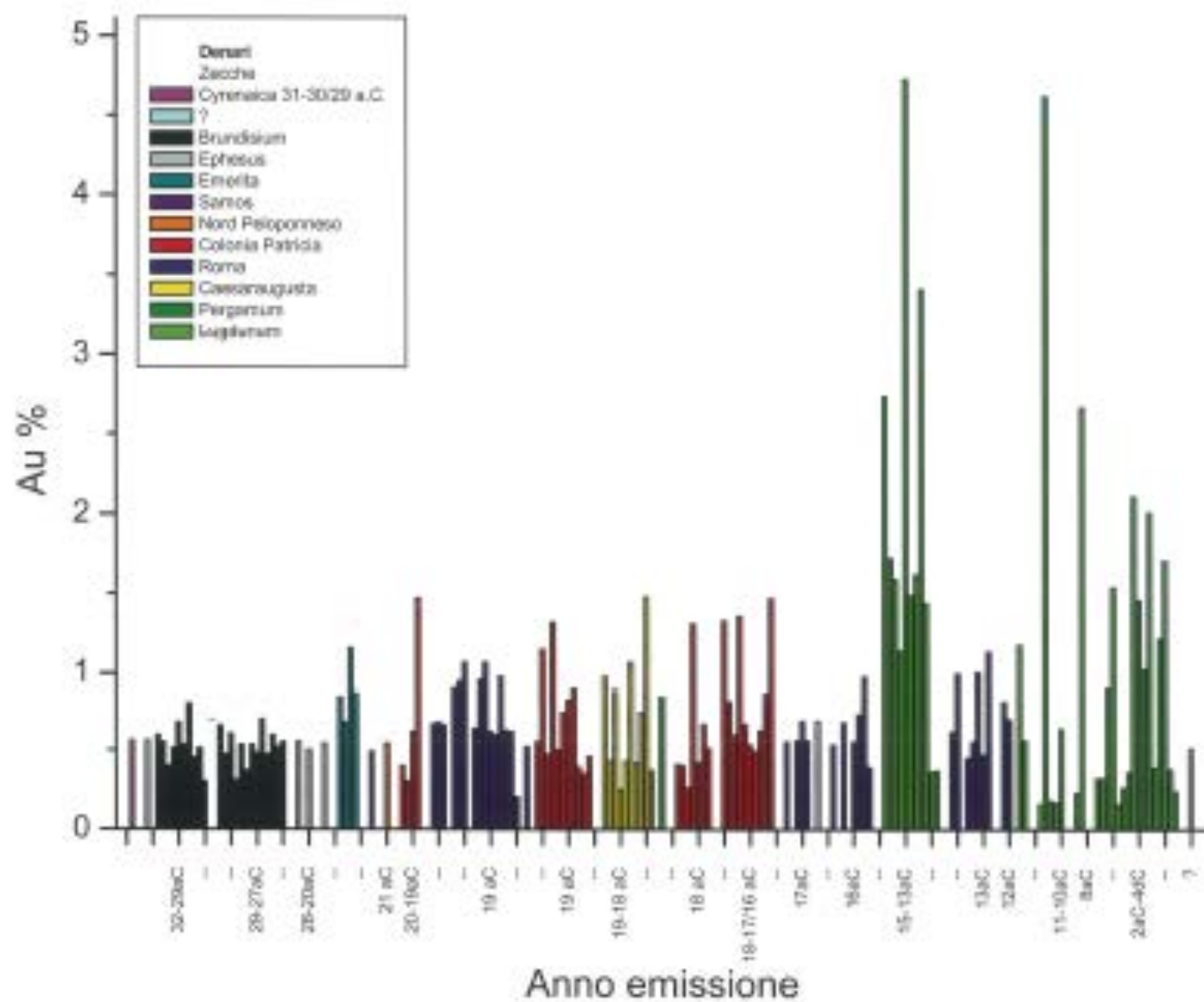


Figura 34-Denari: diagramma a barre - La concentrazione dell'au in funzione dell'anno di emissione. Si noti una maggior concentrazione di Au nella zecca di Lugdunum (15-13 a.C.). Le spaziature singole tra le barre indicano lo stesso anno di emissione e differente zecca (quando cambiano colore) o moneta. Le spaziature doppie indicano il cambiamento dell'anno di emissione.



XRF Spectrum of sample T05.26

