

Aspetti tecnici e meccanismi di simulazione di fenomeni fisici: la radiazione gamma nelle fibre scintillanti

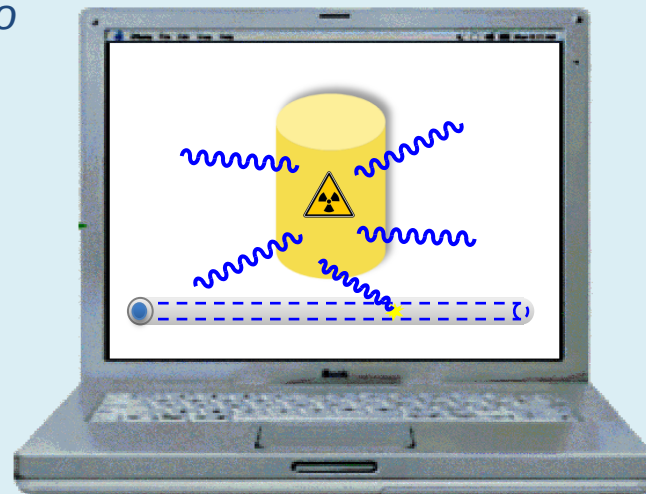
Valentina Finocchiaro

Relatore:

Prof. Michele Malgeri

Correlatore:

Dott. Paolo Finocchiaro



DMNR: un sistema di monitoraggio real-time per depositi di scorie radioattive

Perché?



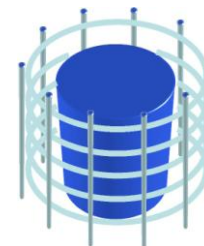
problema delle **scorie**
radioattive



Cosa?



fibre plastiche
scintillanti



Come?



simulazione sensori

Geant 4



Applicazione sviluppata



Risultati ottenuti

Perché?

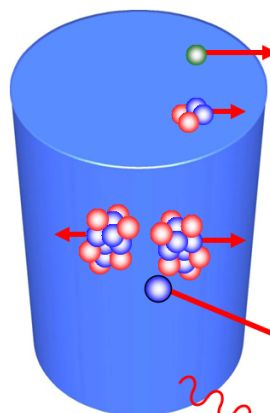


Necessità di **monitoraggio real-time**
automatizzato

la radioattività che di fatto
fuoriesce consiste di raggi
gamma



Stoccaggio scorie breve-medio termine



*le particelle alfa, beta e i
frammenti di fissione
vengono arrestate nel
materiale stesso e nell'aria*

*i neutroni (da fissione) fuoriescono
molto facilmente, ma sono a basse
dosi. Il materiale fissile (ambito) è
pochissimo: è rimosso in fase di
pre-trattamento, prima del
confezionamento*

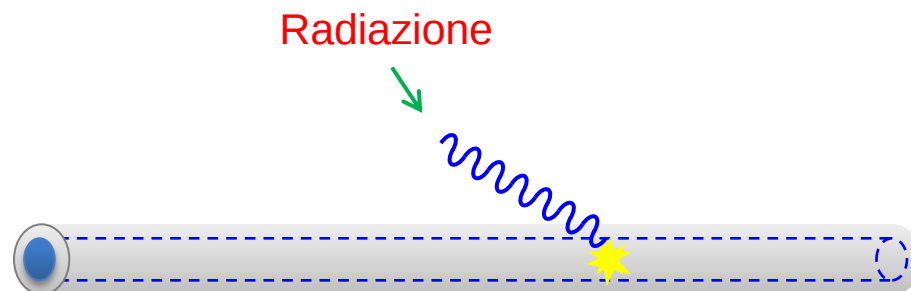
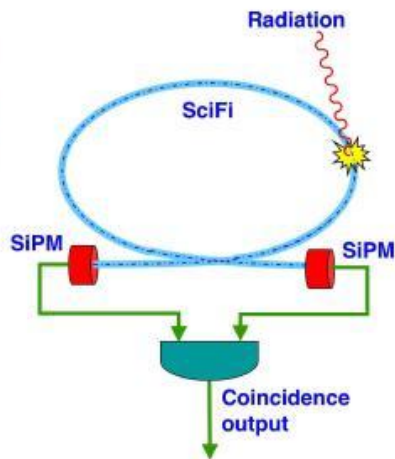
*i raggi gamma sono penetranti, dunque fuoriescono
facilmente e in abbondanza*

Cosa?



Fibre scintillanti

- Basso costo
- Geometria adattabile
- Diametro $\sim 1\text{mm}$
- Fibre plastiche in polistirene

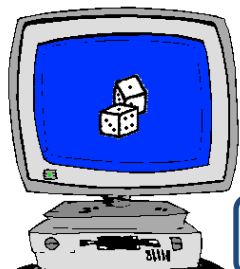


Come?

- Problematica monitoraggio **scorie radioattive**
- Studi difficili su sistemi reali



simulazione



Metodi Monte Carlo

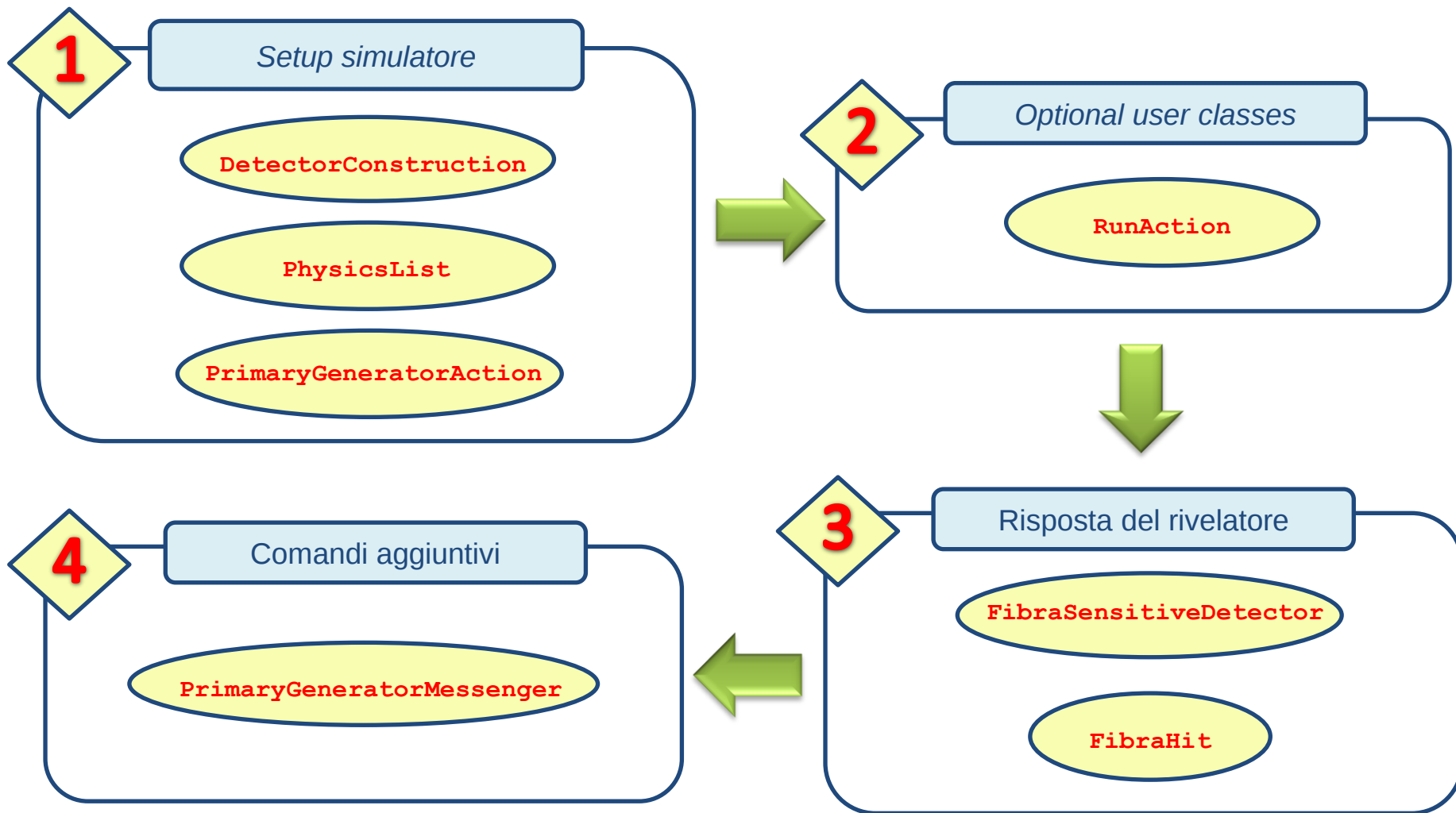
- Algoritmi computazionali per **risoluzione sistemi** complessi
- Basati su generazione di **numeri pseudo-casuali**

Geant 4



- ✓ Sviluppato dal **CERN**
- ✓ collaborazione su **scala mondiale**
- ✓ Basato su linguaggio **C++**
- ✓ Metodologia **object-oriented**
- ✓ Polimorfismo
- ✓ Ereditarietà
- ✓ Flessibilità
- ✓ Algoritmi **Monte Carlo**

Applicazione sviluppata

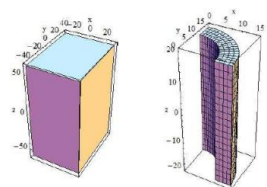


Applicazione sviluppata

Construct ()



Volumi



- Volume **Solido** (es. **G4Box**, **G4Tubs**, etc.)
- Volume **Logico** (**G4LogicalVolume**)
- Volume **Fisico** (**G4PhysicalVolume**)

Definizione del **detector**

DetectorConstruction

- Lunghezza **1200 mm**
- Diametro **1 mm**
- Diametro core **0.47 mm**

DefineMaterials ()



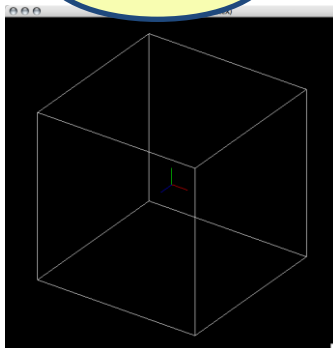
Materiali

G4_AIR

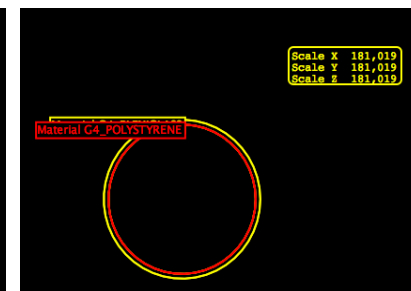
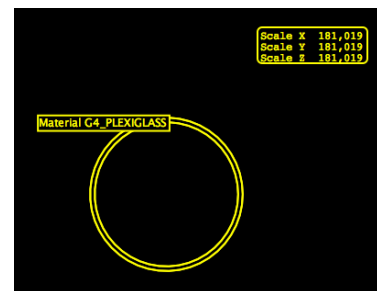
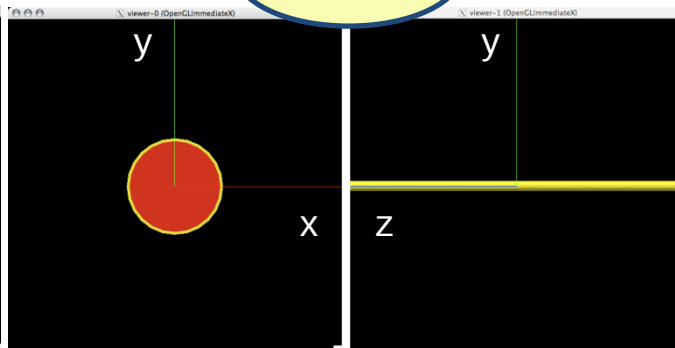
G4_POLYSTYRENE

G4_PLEXIGLASS

G4Box



G4Tubs



Applicazione sviluppata

ConstructProcess()

ConstructParticle()

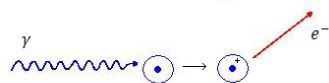
Impostazione dei processi
fisici e delle particelle

Processi fisici

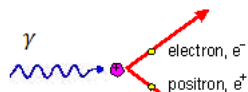
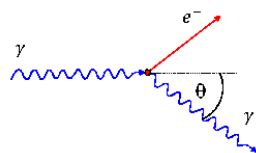
PhysicsList

Particelle

→ **G4Transportation**



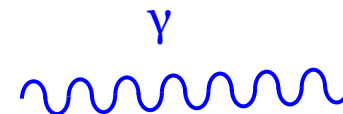
$$\gamma + atom \rightarrow atom^+ + e^-$$



$$\gamma + nucleus \rightarrow e^+ + e^-$$

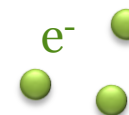
- G4PhotoElectricEffect
- G4ComptonScattering
- G4GammaConversion
- G4RayleighScattering

G4Gamma



- G4eIonisation
- G4eBremsstrahlung
- G4CoulombScattering

G4Electron



- G4eIonisation
- G4eBremsstrahlung
- G4CoulombScattering
- G4eplusAnnihilation

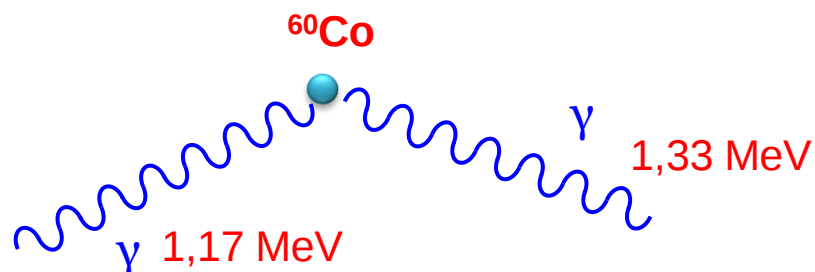
G4Positron



Applicazione sviluppata

Caratteristiche
dell'evento primario

PrimaryGeneratorAction



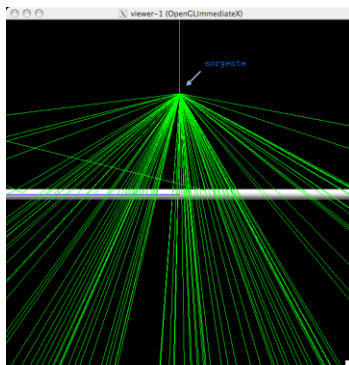
G4ParticleGun

- Sorgente radioattiva di ^{60}Co
- Emette due raggi gamma per evento a 1,17 MeV e 1,33 MeV

Posizione

SetParticlePosition()

- 1.0 mm
- 2.0 mm
- ...
- 1.0 cm
- 2.5 cm



Energia

SetParticleEnergy()

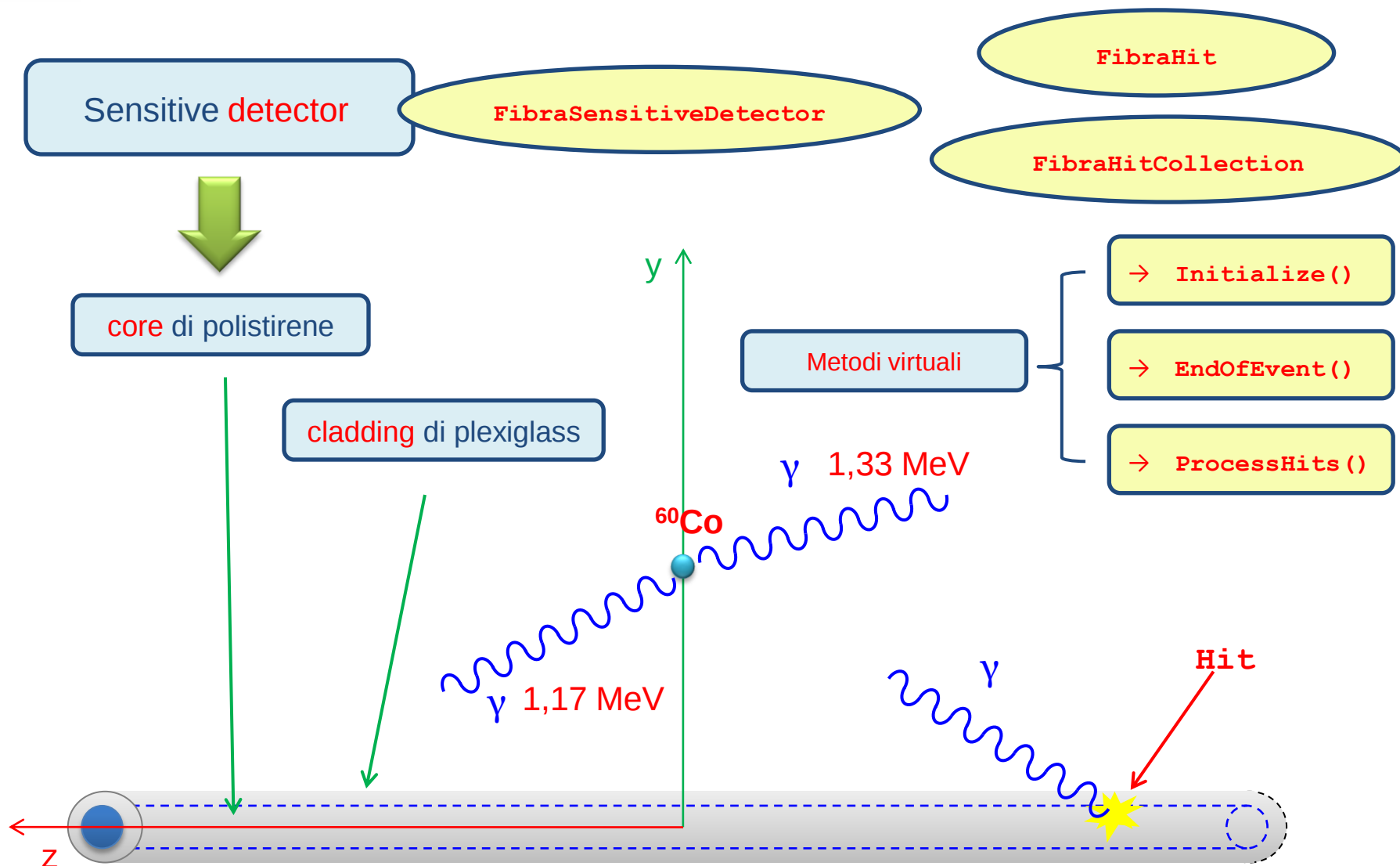
- 1.17 MeV
- 1.13 MeV

Distribuzione

SetDistributionType()
SetParticleMomentumDirection()

- Isotropa in 4π
- Isotropa nell'angolo solido coperto dal detector

Applicazione sviluppata



Applicazione sviluppata

Comandi aggiuntivi

PrimaryGeneratorMessenger



setDistanceY

setDistribType



iso



solidAngle

Macro file Co60-ang.mac

```
# source type:          Co60
# [2 gammas per event: 1.17 MeV, 1.33 MeV]
# distrib type:         solidAngle

/Fibra/setDistrib solidAngle

#0
/Fibra/setDistance 1.0 mm
/run/beamOn 1000000

#1
/Fibra/setDistance 2.0 mm
/run/beamOn 1000000

#2
/Fibra/setDistance 3.0 mm
/run/beamOn 1000000

#3
/Fibra/setDistance 4.0 mm
/run/beamOn 1000000

... ..

#12
/Fibra/setDistance 2.5 cm
/run/beamOn 1000000
```

control/execute Co60-ang.mac

Output relativo a simulazioni eseguite lanciando il macro file **Co60-iso.mac**

```
##### Run 0
> Source Type : Co60
> Distribution Type : iso
> Source Distance : 1 mm
> Primaries Hit count : 311460
> Energia totale rilasciata : 343.073 MeV
```

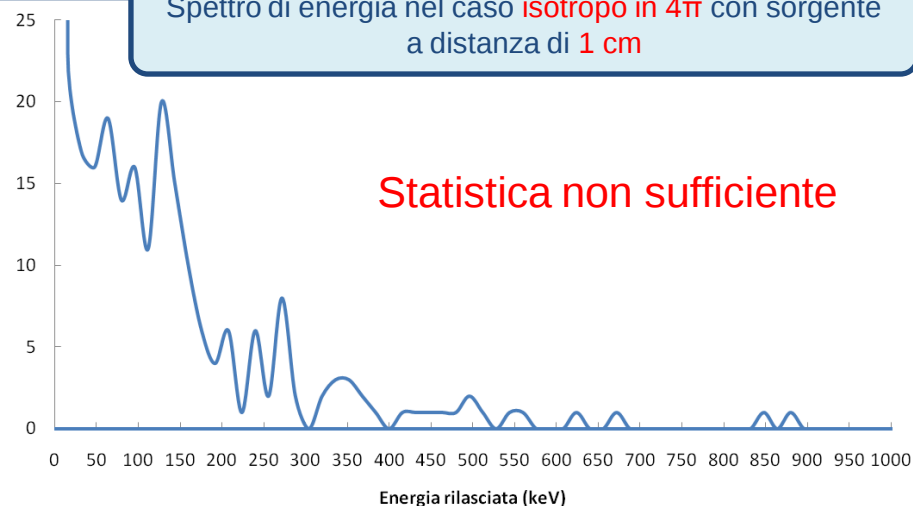
```
##### Run 1
> Source Type : Co60
> Distribution Type : iso
> Source Distance : 2 mm
> Primaries Hit count : 150802
> Energia totale rilasciata : 176.464 MeV
```

```
##### Run 2
> Source Type : Co60
> Distribution Type : iso
> Source Distance : 3 mm
> Primaries Hit count : 100621
> Energia totale rilasciata : 121.505 MeV
```

... ..

```
##### Run 12
> Source Type : Co60
> Distribution Type : iso
> Source Distance : 2.5 cm
> Primaries Hit count : 11968
> Energia totale rilasciata : 11.3311 MeV
```

Spettro di energia nel caso **isotropo in 4π** con sorgente a distanza di **1 cm**



Spettro di energia nel caso **isotropo nell'angolo solido del detector** con sorgente a distanza di **1 cm**



Risultati ottenuti

Efficienza simulata

distanza 1 cm

$$\varepsilon_g = \frac{N_H}{N_{TOT}} = \frac{30163}{2000000} = 0,0150815$$

Efficienza calcolata

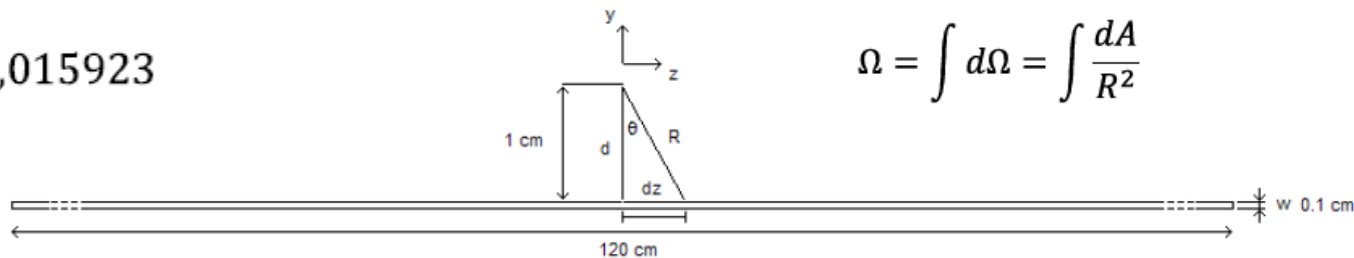
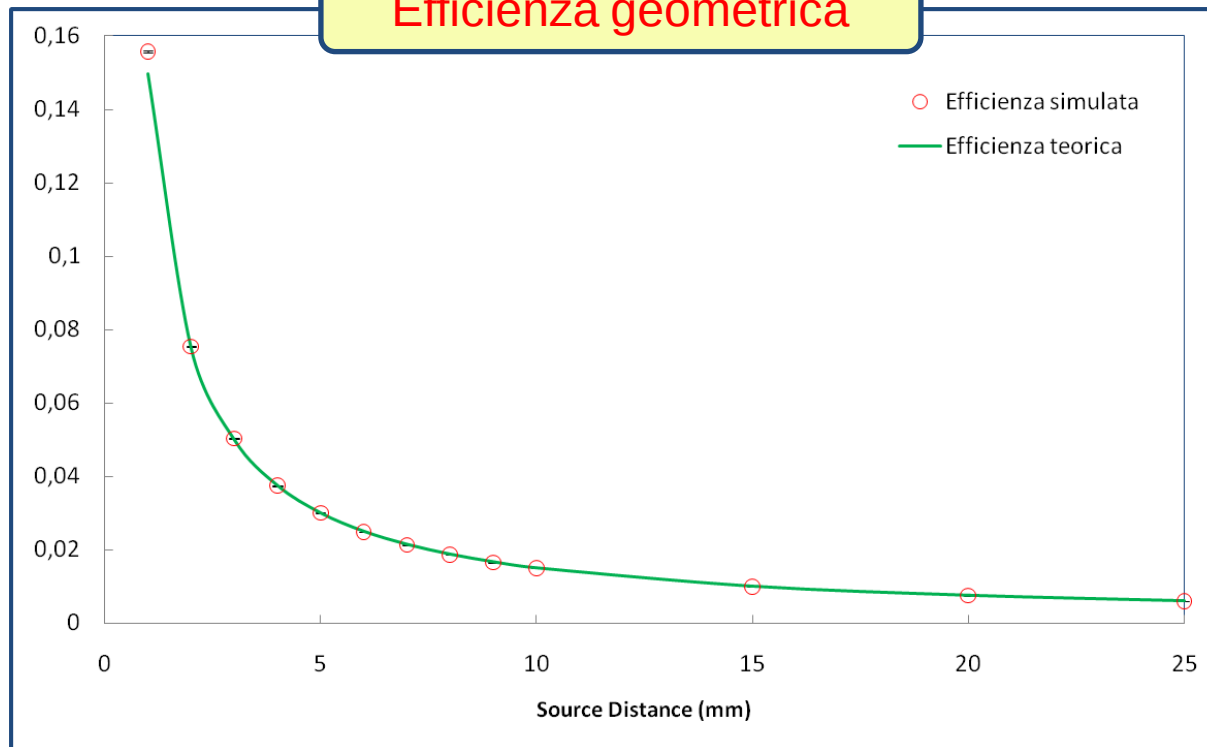
distanza 1 cm

$$\varepsilon_g = \frac{\Omega}{4\pi} = \frac{2w}{d} \frac{1}{4\pi} = \frac{w}{2\pi d}$$

$$\varepsilon_g = \frac{0.1 \text{ cm}}{2\pi(1.0 \text{ cm})} = 0,015923$$

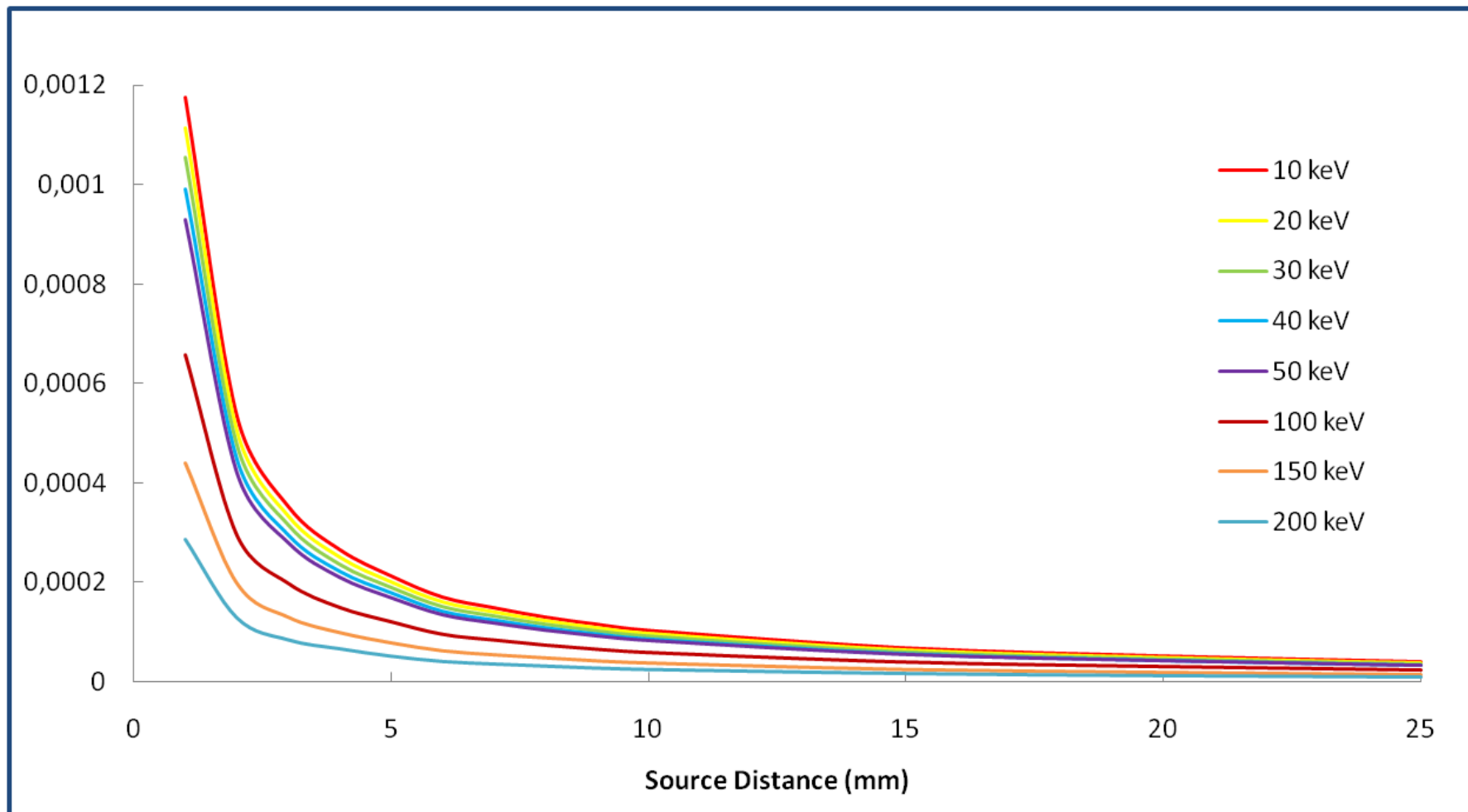
0.094 cm

Efficienza geometrica



Risultati ottenuti

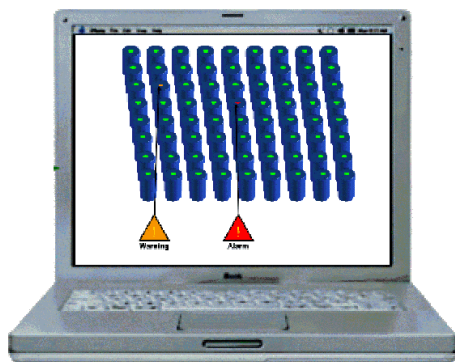
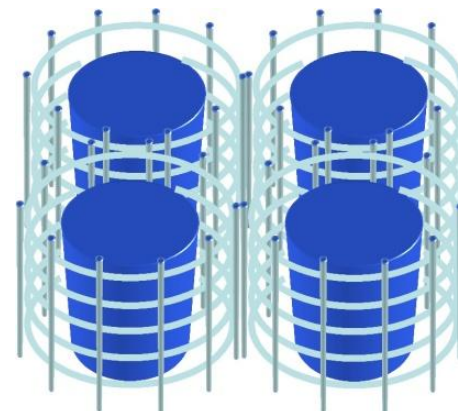
Efficienza di rivelazione



Conclusioni

Prossimo passo

- **Attendibilità** dei risultati
- Simulazione dell'**intera geometria del sistema**
- Inserire **processi ottici**
- Simulare **fotosensori**



Vantaggi

- Possibilità di valutare gli **effetti** di situazioni **anomale pericolose** (perdite, etc.)
- Studiare soluzioni per **prevenire** incidenti



Grazie