

INSTM – Unità di Ricerca di Brescia  
UniBs – Dipartimento di Ingegneria  
Meccanica e Industriale  
INFN – Sezione di Pavia

---

# Studio sperimentale di danneggiamento di materiali polimerici sottoposti a intensi flussi neutronici per il bersaglio ISOL di SPES

---

**M.Ferrari**, A.Zenoni, A.Andrighetto, D.Alloni, F.Bignotti, A.Donzella,  
A.Monetti, S.Pandini, A.Salvini, A.Testa

**101° Congresso Nazionale Società Italiana di Fisica Roma 2015**

## Obiettivo del lavoro

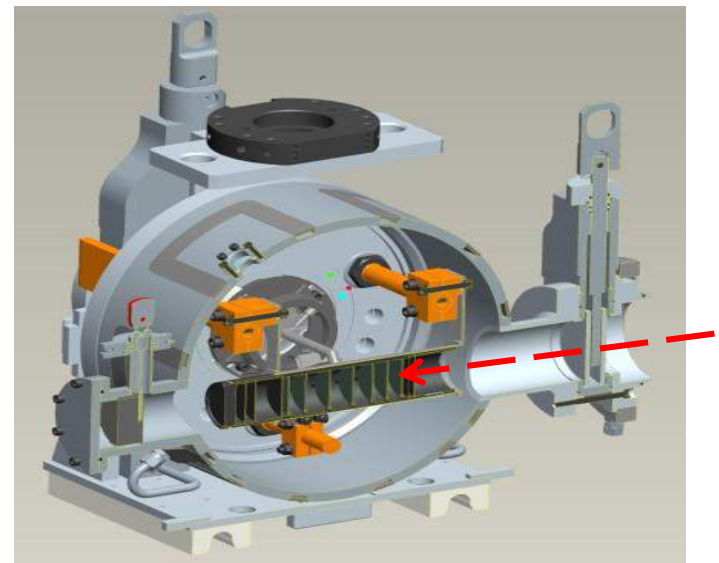
---

Studio sperimentale di danneggiamento di materiali polimerici sottoposti a **intensi flussi neutronici** per il bersaglio ISOL di SPES

# Target & Ion Source - SPES

---

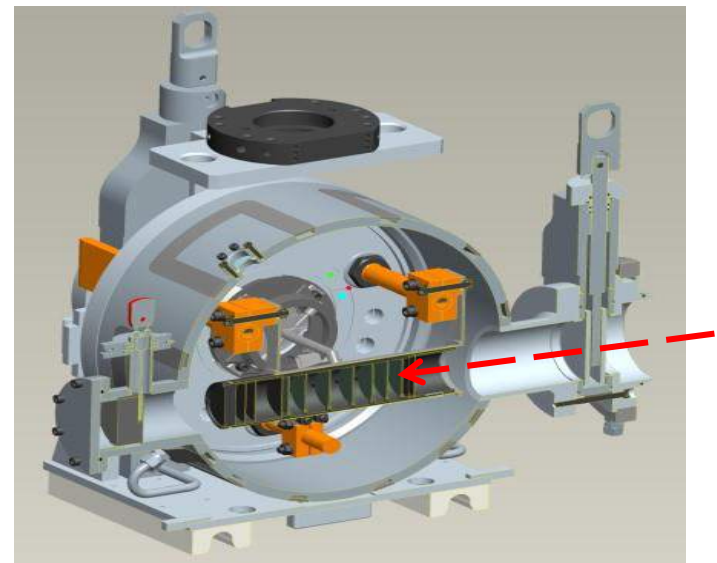
- **$10^{13}$  fissioni/s**
- fascio di protoni: 40 MeV,  
200  $\mu$ A, 8 kW
- 7 dischi di  $^{238}\text{UC}_x$
- HV 40 kW
- heater 2000°C



# Target & Ion Source - SPES

---

- $10^{13}$  fissioni/s
- fascio di protoni: 40 MeV,  
200  $\mu$ A, 8 kW
- 7 dischi di  $^{238}\text{UC}_x$
- HV 40 kW
- heater 2000°C



---

ambiente altamente radioattivo  
intensi campi neutronici e fotonici



# O-ring della camera

---

Componente critico del sistema

- tenuta al vuoto  $10^{-6}$  mbar
- dose assorbita (n+ $\gamma$ )
- temperatura  $\rightarrow 100^{\circ}\text{C}$



# O-ring della camera

---

Componente critico del sistema

- tenuta al vuoto  $10^{-6}$  mbar
- dose assorbita (n+ $\gamma$ )
- temperatura  $\rightarrow 100^{\circ}\text{C}$



Elastomeri: radiosensibili

- 100% di allungamento
- recupero della forma iniziale

La camera:  
durata  $\approx 15$  giorni  
costo  $\approx 30\text{k €}$

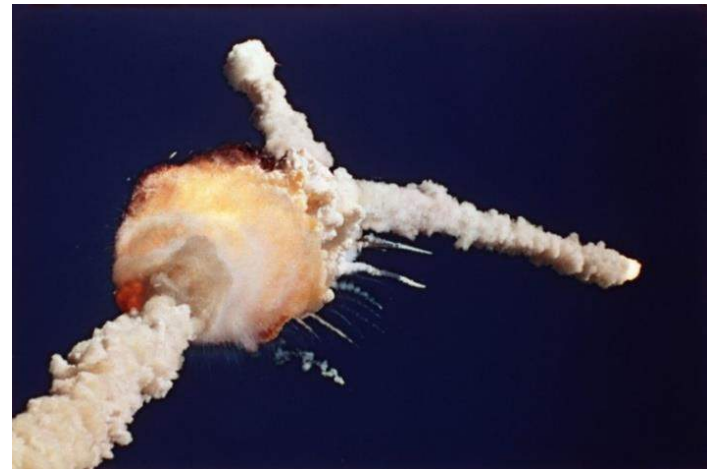
# Lo studio di danneggiamento

---

- evitare breakdown
- ottimizzazione:  
vita più lunga + utilizzo dinamico



risposta ai campi neutronici



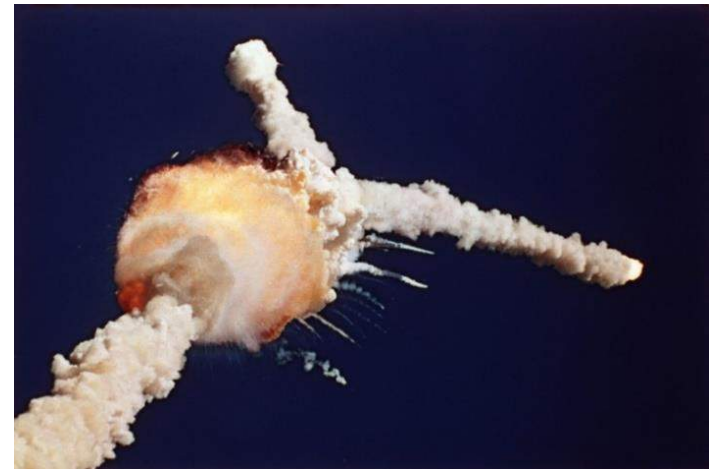
# Lo studio di danneggiamento

---

- evitare breakdown
- ottimizzazione:  
vita più lunga + utilizzo dinamico



risposta ai campi neutronici



---

Partnership con altre  
facility internazionali  
ESS, ALTO Orsai, iThemba, CERN



EUROPEAN  
SPALLATION  
SOURCE



# Protocollo di irraggiamento e test

---

DEFINIZIONE DELLE  
PROCEDURE DI TEST

RICERCA DI MERCATO

STUDIO DEI CAMPI E  
DELLE DOSI

SCELTA DELLE GRANDEZZE  
MECCANICHE E FISICHE

COLLAUDO DEL  
PROTOCOLLO SPERIMENTALE

CONCLUSIONI E SVILUPPI

DEFINIZIONE DELLE PROCEDURE DI TEST

# Lo studio di danneggiamento

---

- Provini di o-ring

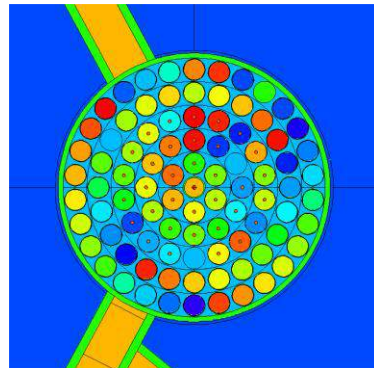


DEFINIZIONE DELLE PROCEDURE DI TEST

# Lo studio di danneggiamento

---

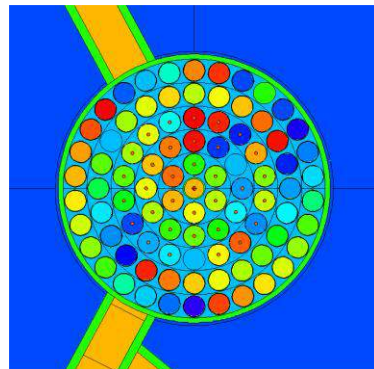
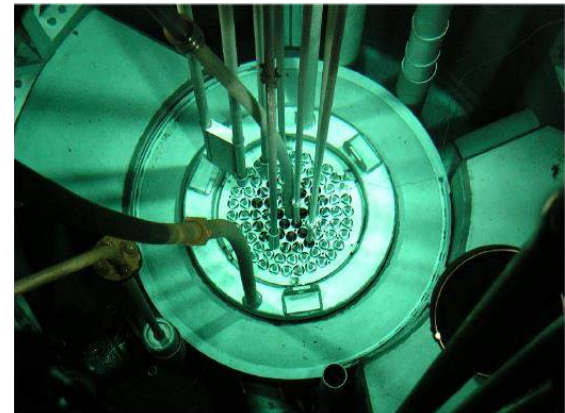
- Provini di o-ring
- Dosimetria con MCNPX



DEFINIZIONE DELLE PROCEDURE DI TEST

# Lo studio di danneggiamento

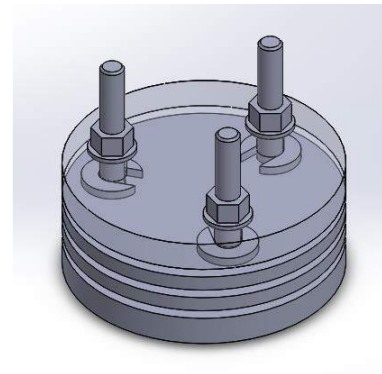
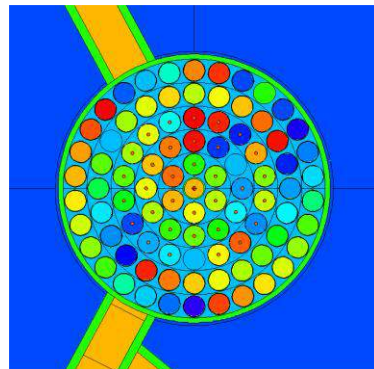
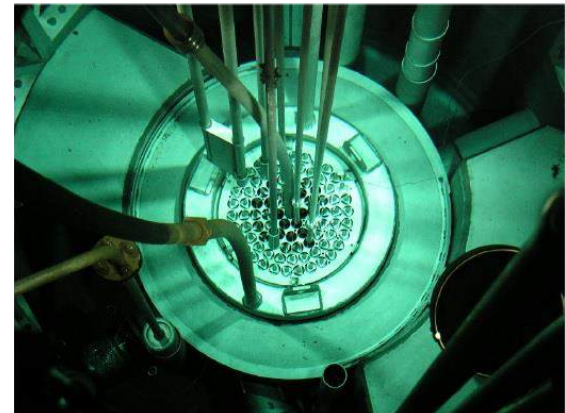
- Provini di o-ring
- Dosimetria con MCNPX
- Irraggiamento al reattore LENA UniPv  
campo misto n+ $\gamma$



## DEFINIZIONE DELLE PROCEDURE DI TEST

# Lo studio di danneggiamento

- Provini di o-ring
- Dosimetria con MCNPX
- Irraggiamento al reattore LENA **UniPv**  
campo misto  $n+\gamma$
- Prove meccaniche e fisiche **UniBs**



RICERCA DI MERCATO

# Criteri di selezione

---

- proprietà meccaniche
  - indicazioni di radioresistenza
  - resistenza alle alte temperature
  - composizione elementare
- 

**ERIKS**

**DICHTOMATIK**

**EDWARDS**

**James Walker**

 **HAYAKAWA RUBBER CO., LTD.**

**5Pascal**

**U.T.S.**  
FORNITURE INDUSTRIALI

RICERCA DI MERCATO

# Criteri di selezione

---

- proprietà meccaniche
  - indicazioni di radioresistenza
  - resistenza alle alte temperature
  - composizione elementare
- 



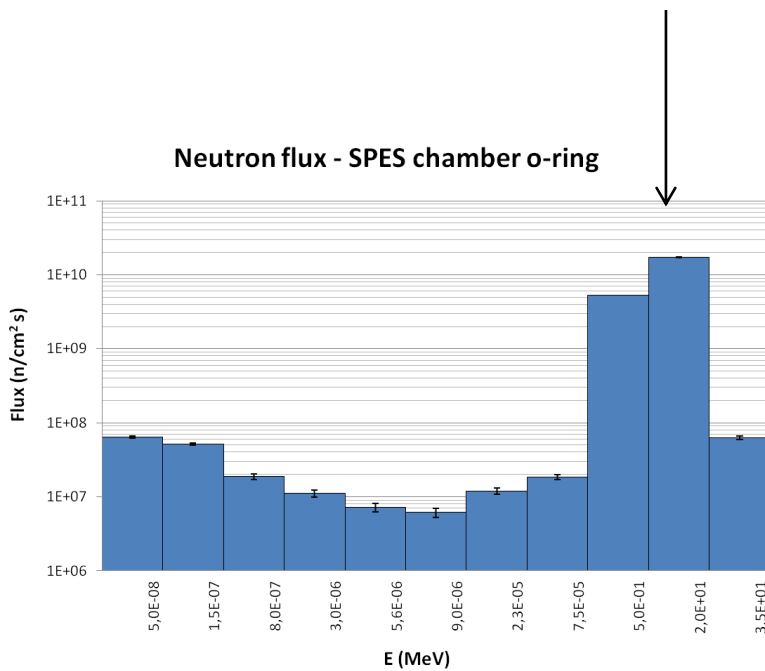
EPDM —————> resistente rad.  $\gamma$

FPM (Viton) ———> ottime proprietà  
meccaniche, alte T

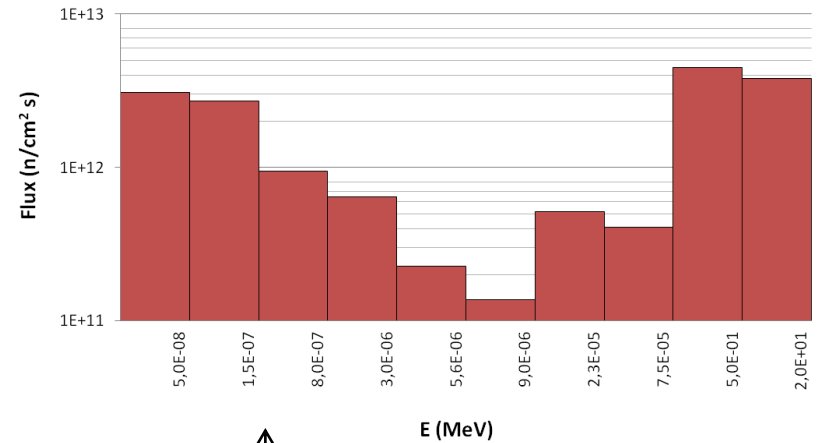
# STUDIO DEI CAMPI E DELLE DOSI

## Campi neutronici

neutroni veloci



Neutron flux - LENA Central Thimble



neutroni termici

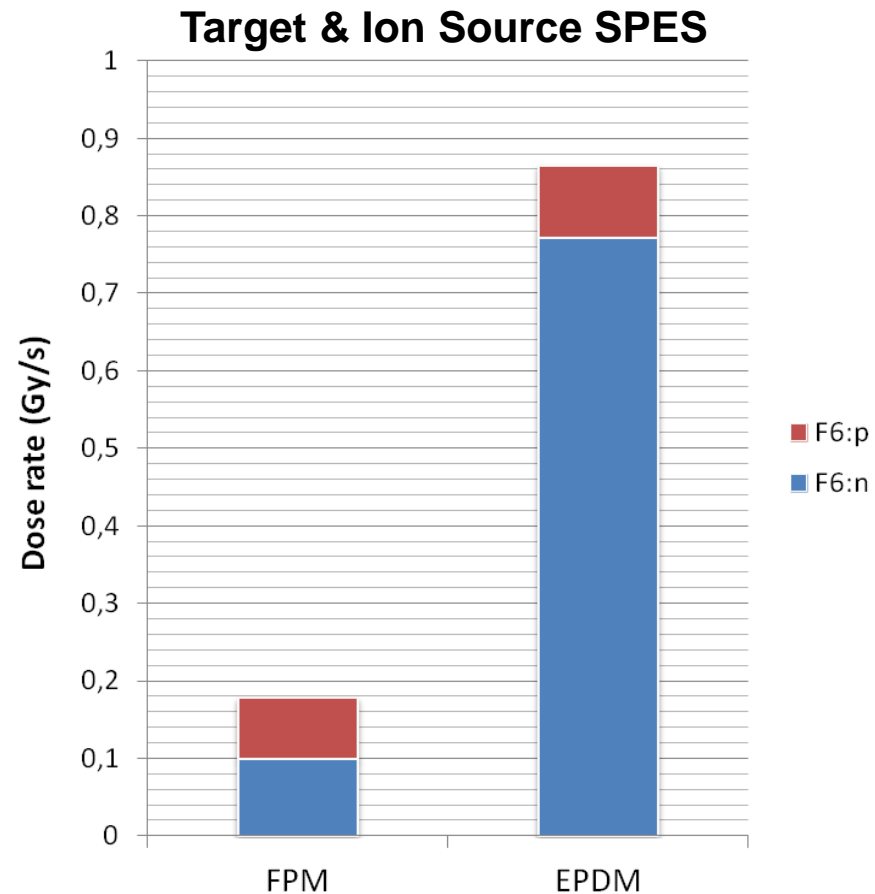


STUDIO DEI CAMPI E DELLE DOSI

# Componenti di dose

## dose neutronica:

- FPM più trasparente
- contenuto H
- n veloci



STUDIO DEI CAMPI E DELLE DOSI

# Componenti di dose

## dose neutronica:

- FPM più trasparente
- contenuto H
- n veloci

TIS 15 giorni

FPM: **0.24 MGy**

EPDM: **1.11 MGy**

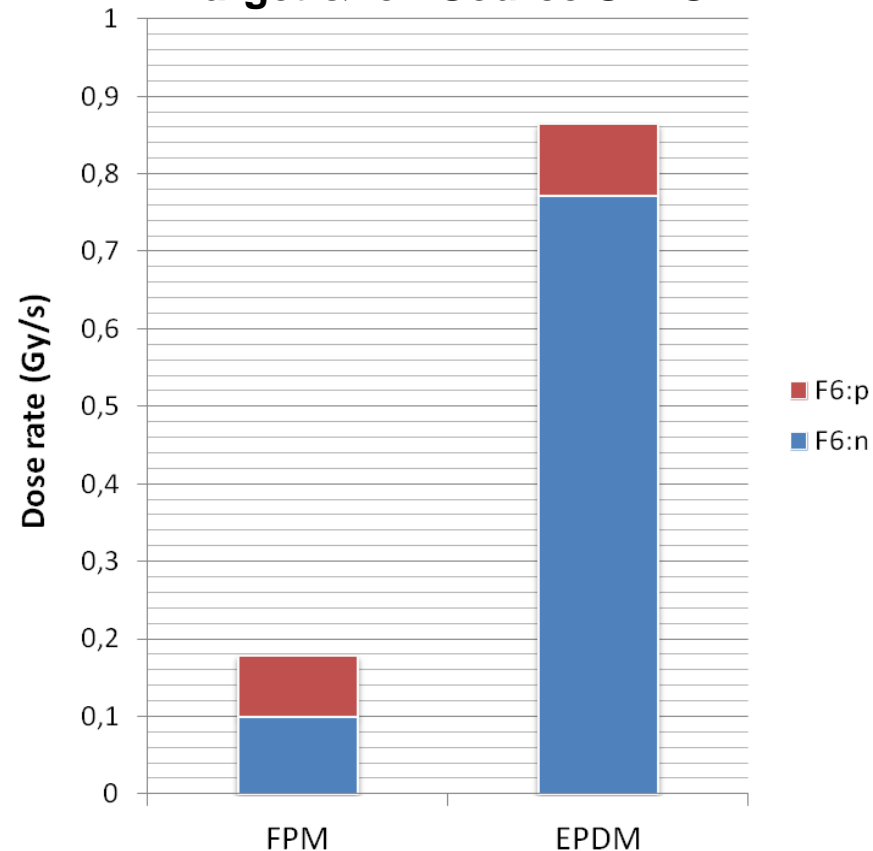
C.C. 1 MGy

FPM: **3h 8 min**

EPDM: **1h 1 min**

✓ Reattore adatto allo studio

### Target & Ion Source SPES

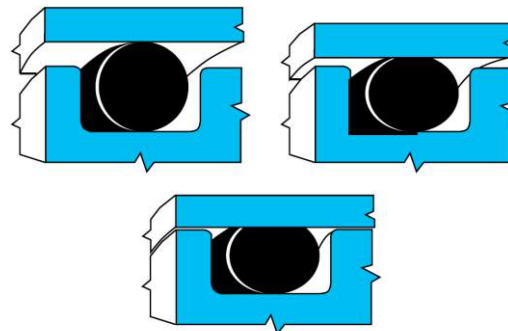


SCELTA DELLE GRANDEZZE MECCANICHE E FISICHE

# Grandezze meccaniche da testare

## 1. compression set

- compressione 25% +  
invecchiamento
- deformazione residua



## SCELTA DELLE GRANDEZZE MECCANICHE E FISICHE

# Grandezze meccaniche da testare

---

1. compression set
  2. elongation at break
  3. elastic modulus
  4. tensile strength
  5. hardness
- 

prove meccaniche standard

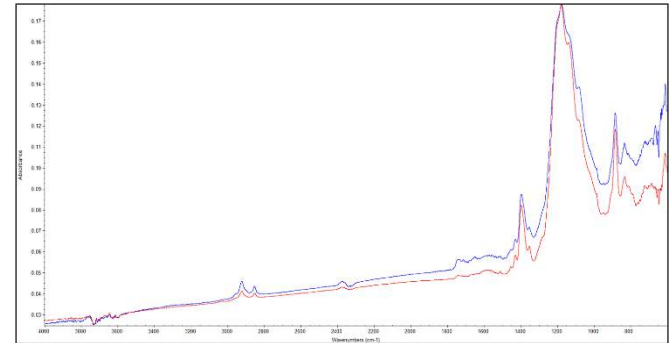
regolate da apposite norme



SCELTA DELLE GRANDEZZE MECCANICHE E FISICHE

# Analisi fisiche e chimiche

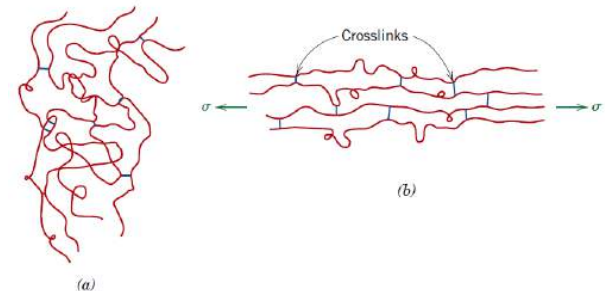
- densità
- analisi IR
- DSC calorimetria differenziale
- prove di assorbimento
- analisi di composizione CHN



proprietà meccaniche macroscopiche



modificazioni microscopiche



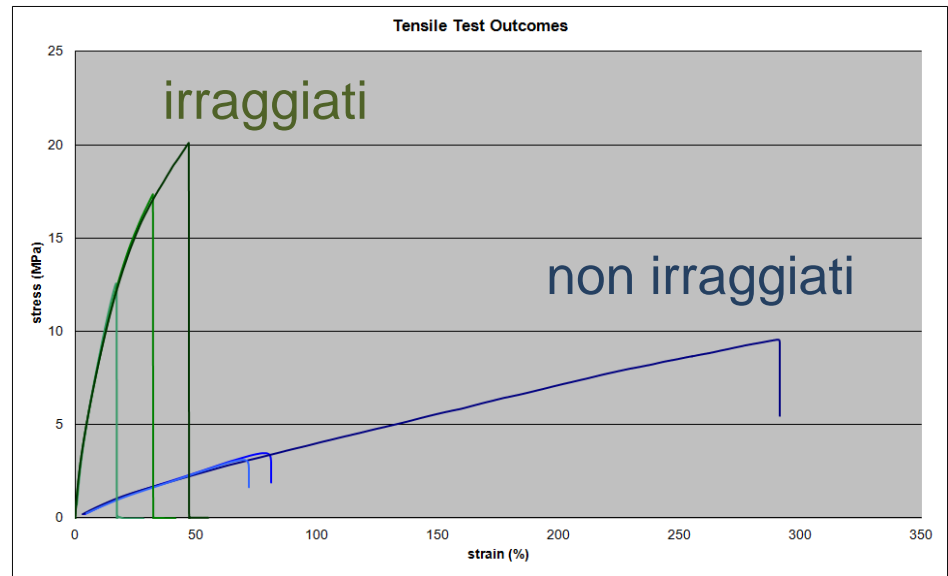
COLLAUDO DEL PROTOCOLLO SPERIMENTALE

# Test: FPM generico, 1MGy di dose

3 provini



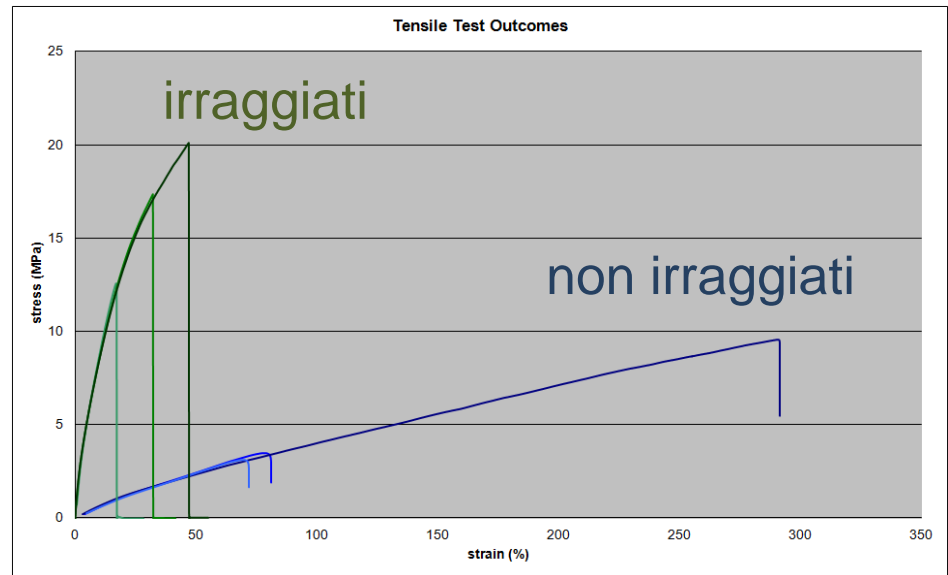
Grafico sforzo/deformazione



COLLAUDO DEL PROTOCOLLO SPERIMENTALE

# Test: FPM generico, 1MGy di dose

Grafico sforzo/deformazione



	0 MGy	1 MGy
E (MPa)	6.2	170.0
eb (%)	290	32
ts (MPa)	9.5	17
Shore A	61.1	-
Shore D	-	72

materiale rigido e fragile

perdita delle proprietà elastomeriche

COLLAUDO DEL PROTOCOLLO SPERIMENTALE

# Compression set: 1h a 100°C

Infragilimento del materiale  
sbriciolamento!





COLLAUDO DEL PROTOCOLLO SPERIMENTALE

**Compression set: 1h a 100°C**

Infragilimento del materiale  
sbriciolamento!



## CONCLUSIONI E SVILUPPI

# Conclusioni e sviluppi futuri

---

- ✓ Sviluppo del protocollo sperimentale
- ✓ Collaudo su 3 provini di FPM, 1MGy di dose
- ✓ Confronto con letteratura

## CONCLUSIONI E SVILUPPI

# Conclusioni e sviluppi futuri

---

- ✓ Sviluppo del protocollo sperimentale
- ✓ Collaudo su 3 provini di FPM, 1MGy di dose
- ✓ Confronto con letteratura



- Test estensivi in corso
- Collaborazione con aziende
- Raffinamento dosimetria

CONCLUSIONI E SVILUPPI

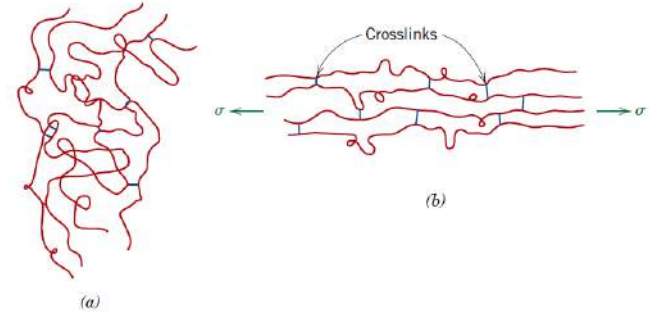
**Grazie per l'attenzione**

---

RICERCA DI MERCATO

# Gli elastomeri

- 100% di allungamento
- recupero della forma iniziale



famiglie di polimeri di base

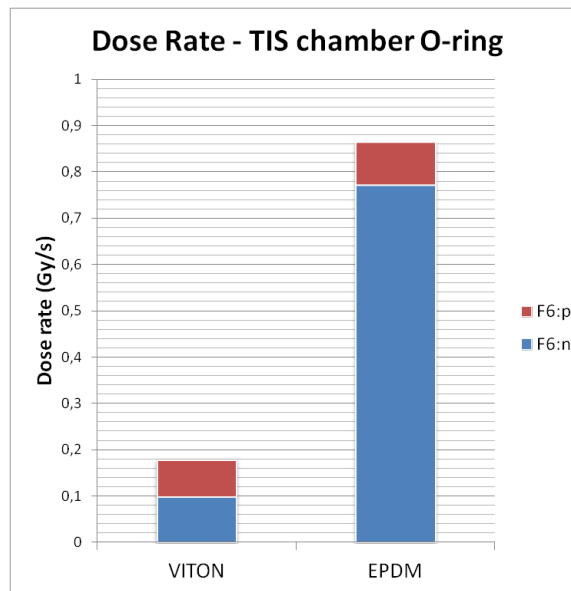
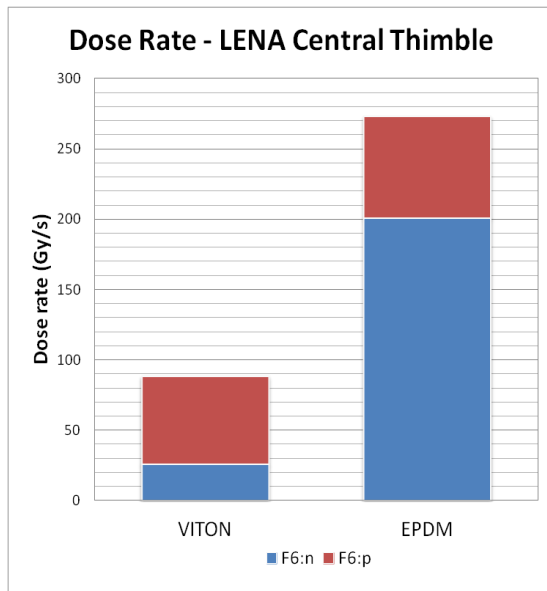
mescola = polimero + additivi

materiali polimerici: i più radiosensibili

radiazioni → rottura delle catene + nuovi legami

STUDIO DEI CAMPI E DELLE DOSI

# Componenti di dose



dose n

dose  $\gamma$

- Viton più trasparente alla dose n
- dose n dipendente dal contenuto H
- dose n maggiore per n veloci

in 15 giorni

Viton: 0.24 MGy

EPDM: 1.11 MGy

# COLLAUDO DEL PROTOCOLLO SPERIMENTALE

## Compression set: 1h a 100°C

Infragilimento del materiale  
sbriciolamento!



✓ Test  
microscopici

