



SEMINARIO NAZIONALE  
**PROGETTARE LA SICUREZZA NEI LUOGHI DI LAVORO**  
Palermo, 9 novembre 2018

**INAIL**

ISTITUTO NAZIONALE ASSICURAZIONE  
CONTRO GLI INfortUNI sul LAVORO

## Case Study 3

# IL RADON NEI LUOGHI DI LAVORO

Elio TOMARCHIO

Dipartimento Energia, Ingegneria dell'Informazione e Modelli Matematici (DEIM)  
Università di Palermo, Viale delle Scienze, Parco d'Orleans, Edificio 6 , 90128 Palermo  
(Italy)

e-mail: [elio.tomarchio@unipa.it](mailto:elio.tomarchio@unipa.it)



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PALERMO

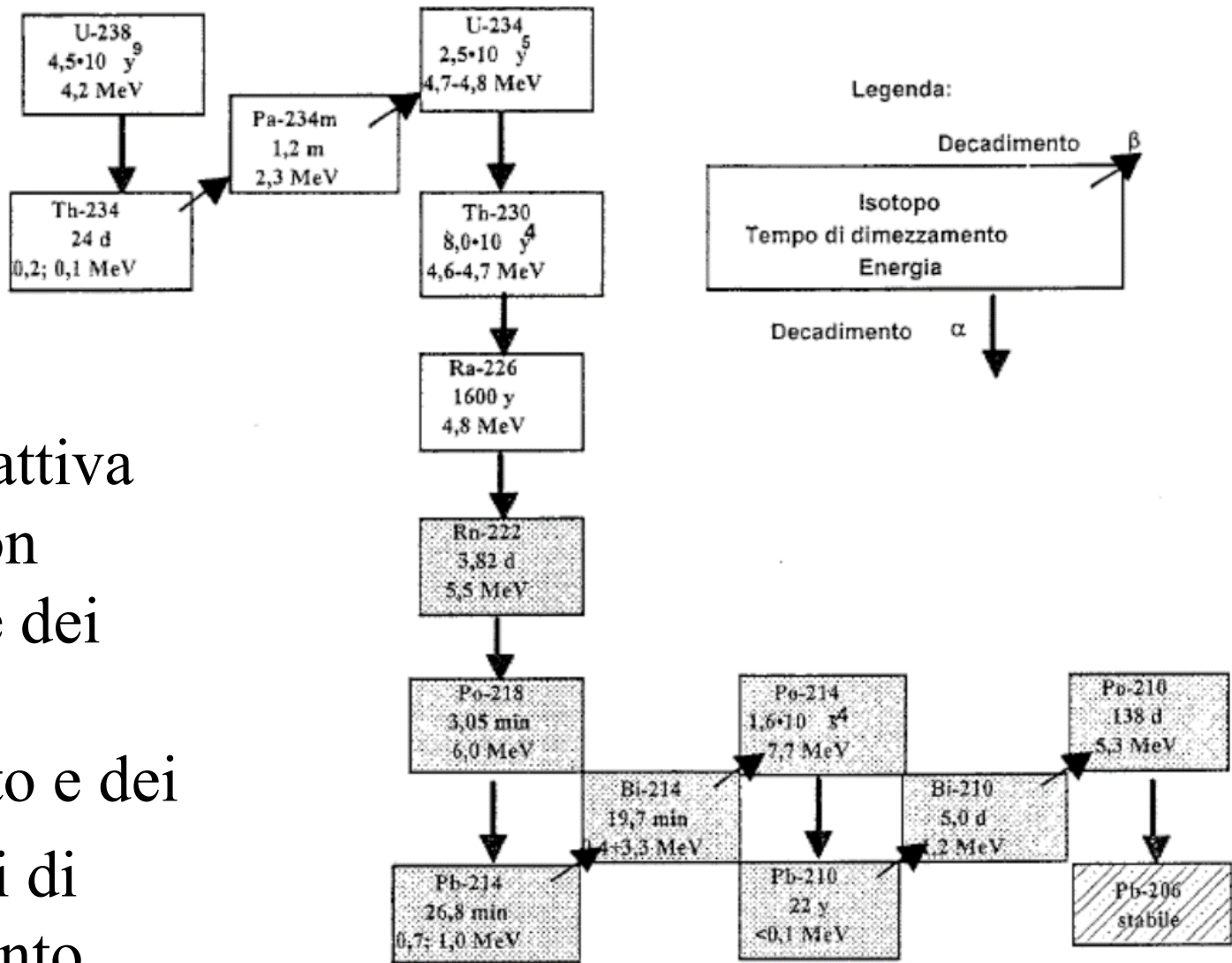
SEMINARIO NAZIONALE : **PROGETTARE LA SICUREZZA**  
**NEI LUOGHI DI LAVORO** - Palermo, 9 novembre 2018

# INTRODUZIONE

Il Radon ( $^{222}\text{Rn}$ ,  $T_{1/2}=3,8$  g) è un gas nobile radioattivo inodore e incolore, prodotto dal decadimento del  $^{226}\text{Ra}$  ( $T_{1/2}=1600$  y), radioisotopo della serie radioattiva dell' $^{238}\text{U}$ , presente in varia concentrazione nelle rocce della crosta terrestre e nei materiali da costruzione. Fatti salvi eventi incidentali, l'esposizione al radon nei luoghi chiusi costituisce la fonte più rilevante di rischio da radiazioni ionizzanti per la popolazione (UNSCEAR, 2000).

L'effetto sanitario legato all'esposizione al radon e ai suoi prodotti di decadimento consiste nell'aumento di rischio di insorgenza di tumore polmonare;

dopo il fumo di sigaretta, l'esposizione al radon e ai suoi prodotti di decadimento costituisce la seconda causa di decesso per questo tipo di patologia.



Serie radioattiva dell' $^{238}\text{U}$  con indicazione dei prodotti di decadimento e dei loro periodi di dimezzamento

Figura 2.3 Schema di decadimento del  $^{238}\text{U}$  (11)

# INTRODUZIONE

La normativa italiana, già da qualche anno, prevede l'obbligo di tutela dei lavoratori esposti a sorgenti di radiazioni naturali, in particolare per quelle attività ove siano presenti *“lavoratori e, eventualmente, persone del pubblico esposti a prodotti di decadimento del radon in particolari luoghi di lavoro quali tunnel, sottovie, catacombe, grotte e, comunque, in tutti i luoghi di lavoro sotterranei”* (art. 10-bis del D.Lgs. 230/95 come modificato dai D.Lgs. 241/2000 e 257/2001).

Poiché il D.Lgs. 230 fissa il limite di esposizione in termini di concentrazione di attività media annua, le valutazioni delle concentrazioni devono essere riferite a un intervallo temporale di almeno un anno solare, con una o più misure.

# DEFINIZIONE DI AMBIENTE SOTTERRANEO:

la definizione di ambiente sotterraneo è contenuta di solito nei regolamenti comunali edilizi e di igiene, che vengono stilati sulla base delle linee guida dettate a scopo di uniformità dalle singole Regioni. Le definizioni differiscono essenzialmente per due aspetti: in primo luogo per piccole differenze riguardanti la posizione del solaio rispetto al piano di campagna; in secondo luogo per la presenza di un accesso diretto dall'esterno.

.....per i locali o ambienti sotterranei la seguente definizione: *locale o ambiente con almeno tre pareti interamente sotto il piano di campagna, indipendentemente dal fatto che queste siano a diretto contatto con il terreno circostante o meno.*

# METODI E TECNICHE DI CAMPIONAMENTO E MISURA

Per quanto riguarda i metodi di campionamento si possono avere rivelatori attivi (ossia che necessitano di una alimentazione elettrica per funzionare, e in genere danno informazioni in breve tempo) e dosimetri passivi (solitamente impiegati per misure di lunga durata proprio perché non necessitano di alimentazione)

Per quanto riguarda il tempo di campionamento si hanno Strumenti per la misura istantanea e continua  
Strumenti per la misura integrale (passivi)

Si possono distinguere metodi e tecniche per la misura del Gas radon e metodi e tecniche per la misura della sua progenie (o dei suoi prodotti di decadimento)

# METODI E TECNICHE DI CAMPIONAMENTO E MISURA

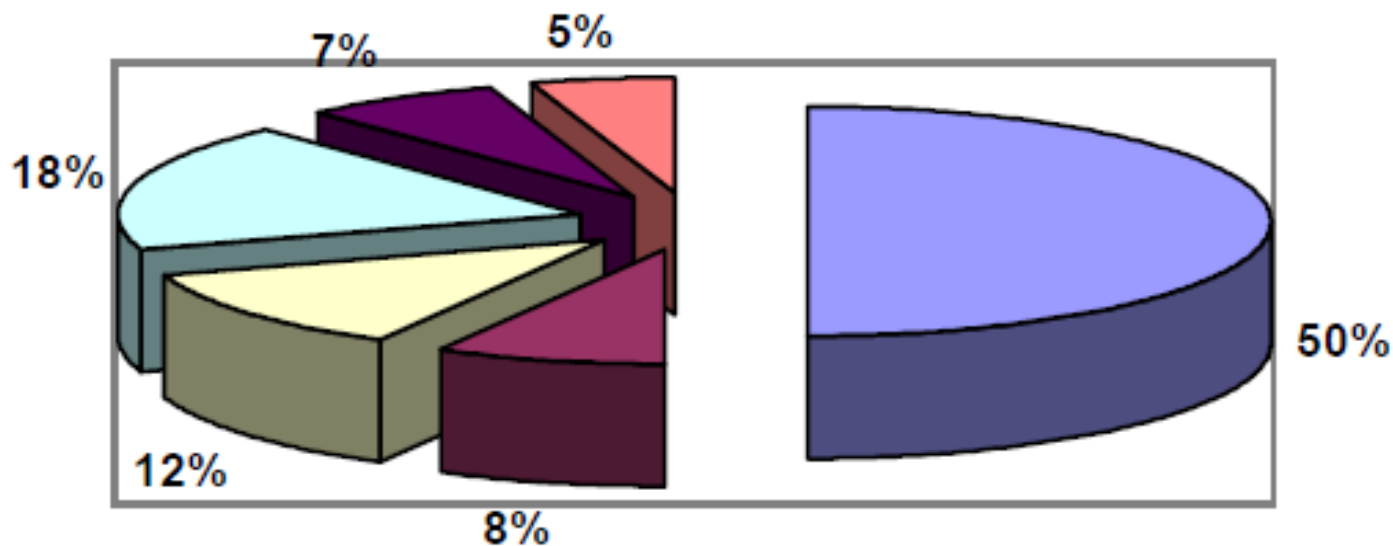
Attivi – Camere ad ionizzazione (es. AlphaGuard)

Celle a Scintillazione (es. MR1)

Passivi – A tracce , LR 115, CR 39

Elettreti

Carboni attivi (breve periodo)



■ LR115 ■ CR39 ■ Elettreti ■ Carboni attivi ■ Cella a scintillazione ■ Picorad

# METODI E TECNICHE DI CAMPIONAMENTO E MISURA

Il **livello di azione** per i luoghi di lavoro sotterranei (compresi particolari luoghi quali tunnel, sottovie, grotte, ecc.) è fissato in termini di:

***concentrazione di attività di radon media in un anno***

***500 Bq/m<sup>3</sup>***

**se i risultati delle misurazioni**

(80% del LdA) **400 < Bq m<sup>-3</sup> < 500** (LdA)

**esegue nuove misurazioni nell'anno successivo**

<b>Modalità di campionamento</b>	<b>Tipo di rivelatore</b>	<b>Durata del campionamento</b>	<b>Note</b>
Passivo	Rivelatore a tracce nucleari	Da un mese a un anno	L'elemento sensibile è rappresentato da materiale plastico di vario tipo (LR115, CR39, policarbonato)
Passivo	Rivelatore a elettrete	Da un mese a un anno	L'elemento sensibile è rappresentato da un disco di teflon caricato elettrostaticamente



# **CASO STUDIO** – MISURAZIONE IN VARI AMBIENTI NEL TERRITORIO NAZIONALE (SEDI DI BANCHE).

Le misurazioni sono state effettuate in locali sotterranei, intendendo per tali quei locali al cui interno sono svolte attività lavorative e aventi almeno tre pareti parzialmente o totalmente interrate. Per ogni locale le misurazioni hanno avuto una durata complessiva superiore a un anno, alcune sono iniziate nel mese di novembre 2004 e le ultime si sono protratte fino al mese di maggio del 2007.

Dopo un esame della disposizione e delle modalità di uso dell'ambiente in cui si vuole effettuare le misure, è stata adottata una procedura di misura che prevede le seguenti fasi:



# CASO STUDIO – MISURAZIONE IN VARI AMBIENTI NEL TERRITORIO NAZIONALE.

## Prima fase :

- misure di intensità, di breve o brevissimo periodo, con l'uso di apparecchiature tipo ALPHAGUARD P2000Q, SILENA PRASSI 5S o tramite campionamento con canestri di carbone attivo;*
- misura del valore di equivalente di dose ambientale  $H^*(10)$ , tramite l'impiego di uno scintillatore plastico AUTOMESS 6150 AD-b/H, quest'ultimo utile anche per effettuare la correzione per il fondo gamma ambientale delle letture di tensione degli elettretti.*

## Seconda fase :

- misure di tipo integrale, per un periodo di tempo non inferiore ad un anno, realizzate con posizionamento, nei siti individuati, di dosimetri ad elettrete (E-PERM) in diversa configurazione;*

Per le misure di lungo periodo sono state utilizzate le EIC (Electret Ion Chambers) prodotti dalla Rad. Elec. Inc. denominate E-PERM®.

Il sistema di misura consiste essenzialmente in un elettrete, elemento in Teflon®, carico positivamente, posizionato all'interno di una camera in plastica di varie dimensioni.

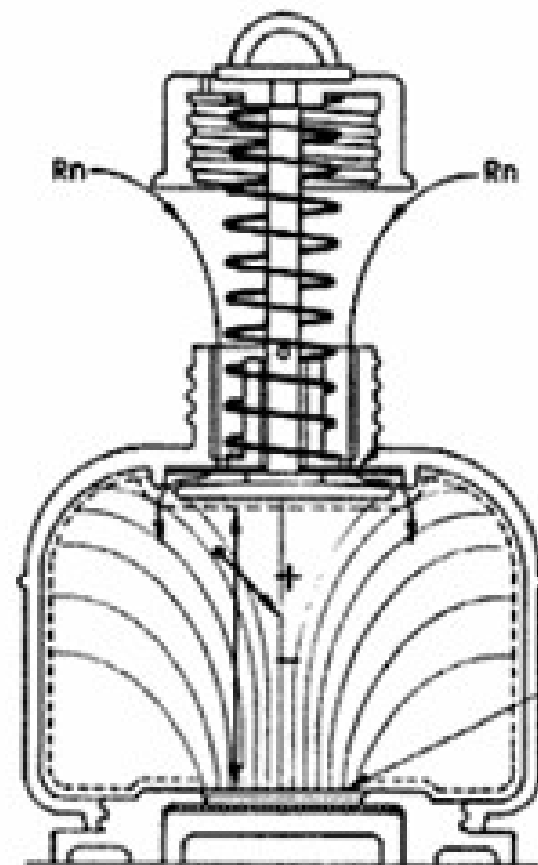
I dosimetri sono posizionati a distanza dai muri e da eventuali aperture e in modo da non potere essere raggiunti dagli abituali frequentatori degli ambienti, per non inficiare le misure per una casuale manipolazione. Infatti, durante le misurazioni, all'interno dei locali continuano a svolgersi le abituali attività lavorative al fine di misurare valori di concentrazione che siano rappresentativi delle condizioni di normale utilizzo dei locali.

Si possono combinare diversi tipi di elettreti con camere di diverso volume in funzione della sensibilità e dei tempi di misura che si vogliono utilizzare. Le configurazioni generalmente impiegate sono state le seguenti :

**-Configurazione SLT** - Elettrete di tipo LT (long term, indicato per misure di più lungo periodo) e Camera S (volume 200 ml, vedere schema di Figura, a destra, per avere maggiore sensibilità);

**-Configurazione LLT** – Elettrete di tipo LT e Camera L (volume di 50 ml, Figura , a sinistra), indicata per misure di lungo periodo (6 mesi o un anno) ;

Altre configurazioni sono possibili, in relazione al periodo di campionamento e alla sensibilità che si vuole ottenere.



## Terza fase :

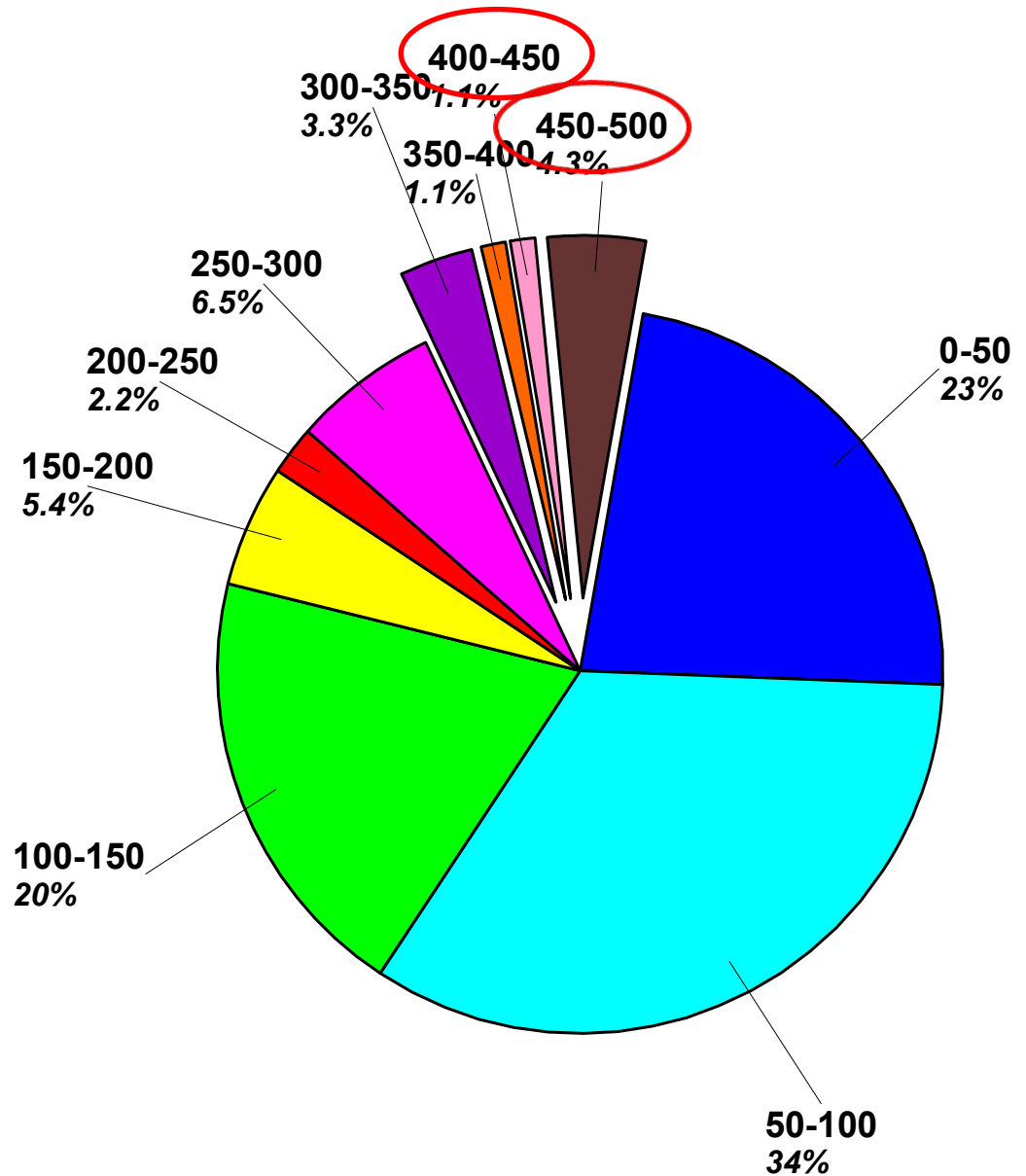
*misure infrannuali e finali dei dosimetri ad elettrete e valutazione della concentrazione di attività di radon nel periodo considerato.*

Le rilevazioni periodiche e finali sono state effettuate generalmente *in situ* tramite la strumentazione di misura SPER-1 E-Perm (Figura, a sinistra), dispositivo di lettura del potenziale dell'elettrete la cui risposta viene periodicamente calibrata. Prima di ogni impiego, il funzionamento del lettore è comunque verificato mediante la misura di due elettreti di riferimento, il cui potenziale è noto con sufficiente precisione. Al termine del periodo di esposizione, dopo essere stati misurati *in situ*, i dosimetri sono recuperati, gli elettreti chiusi con il tappo in dotazione e posti entro buste di Tyvek®, impermeabili al gas radon.

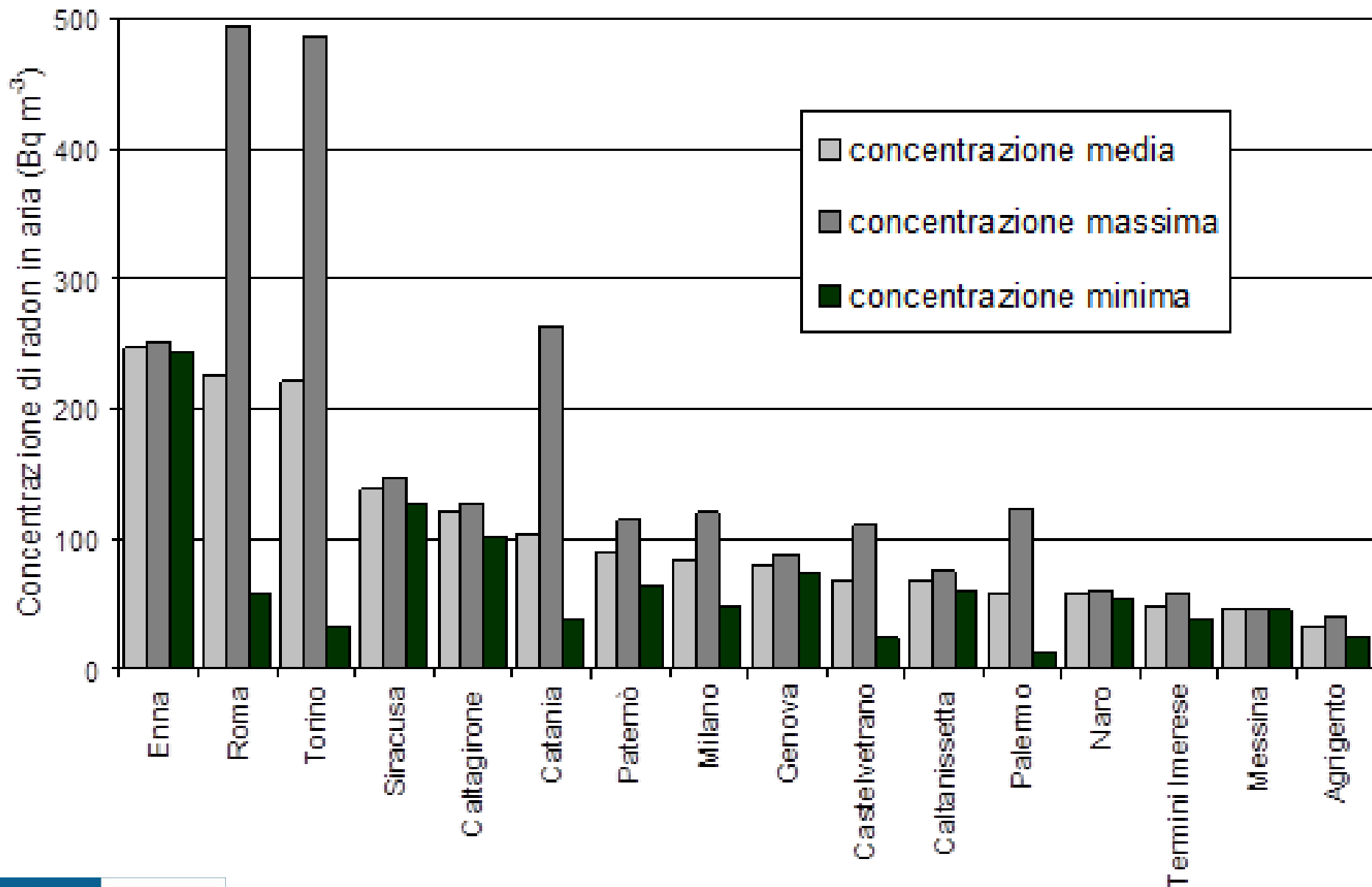
**Tabella 1 – Valori della concentrazione media di radon**

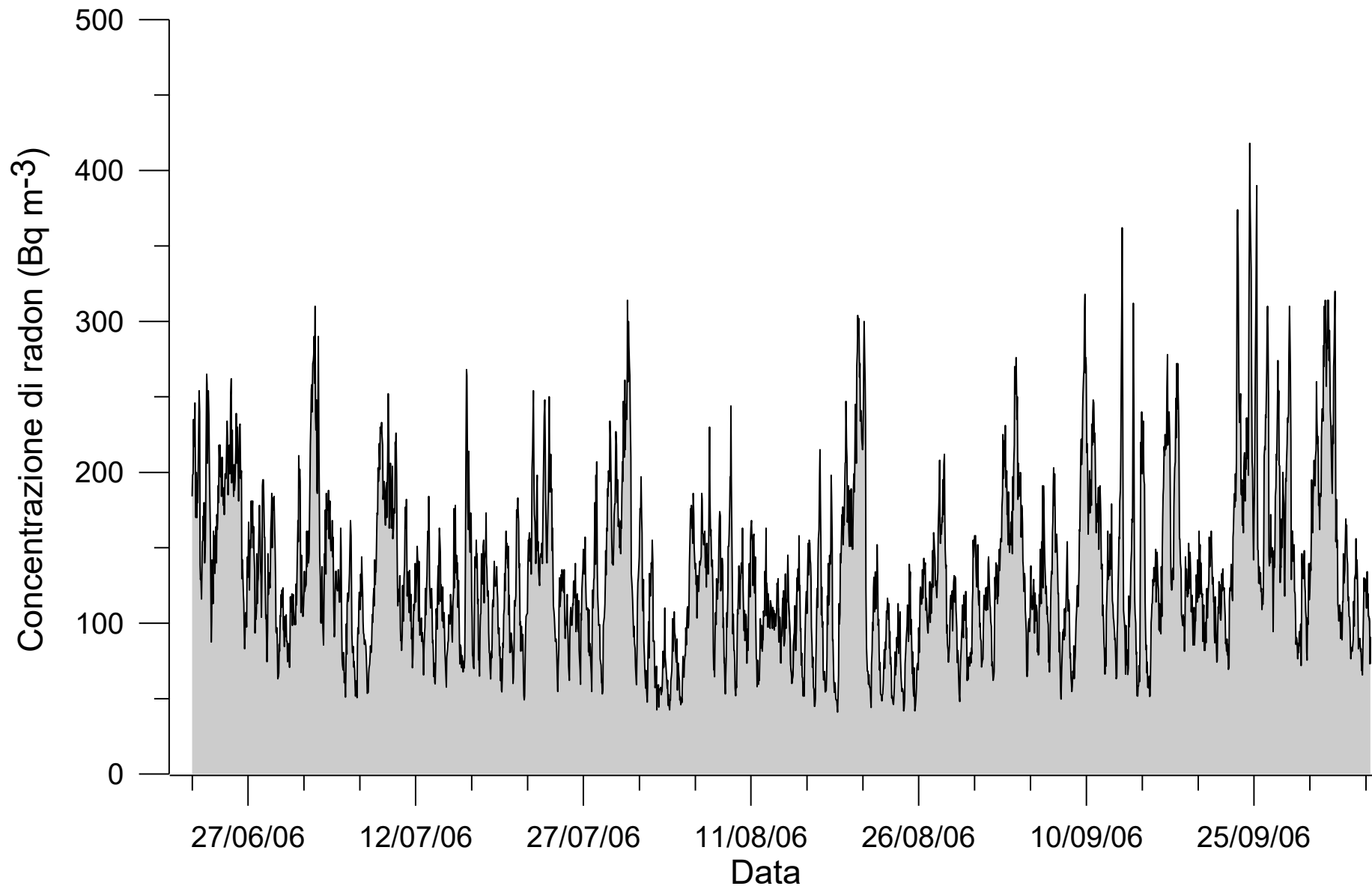
Località	Numero siti	Concentrazione media (Bq/m <sup>3</sup> )	Range (Bq/m <sup>3</sup> )
Agrigento	1	33 ± 7	24 ÷ 41
Caltagirone	2	121 ± 6	103 ÷ 128
Caltanissetta	1	67 ± 7	60 ÷ 75
Castelvetrano	1	67 ± 6	24 ÷ 111
Catania	5	104 ± 4	39 ÷ 263
Enna	1	248 ± 21	244 ÷ 251
Genova	1	81 ± 5	73 ÷ 88
Messina	1	47 ± 9	46 ÷ 47
Milano	2	84 ± 6	48 ÷ 121
Naro	1	58 ± 7	55 ÷ 61
Palermo	11	58 ± 2	12 ÷ 124
Paternò	1	89 ± 11	64 ÷ 114
Roma	11	226 ± 4	59 ÷ 495
Siracusa	1	138 ± 8	128 ÷ 148
Termini Imerese	1	48 ± 6	38 ÷ 58
Torino	3	222 ± 8	32 ÷ 487
	44		

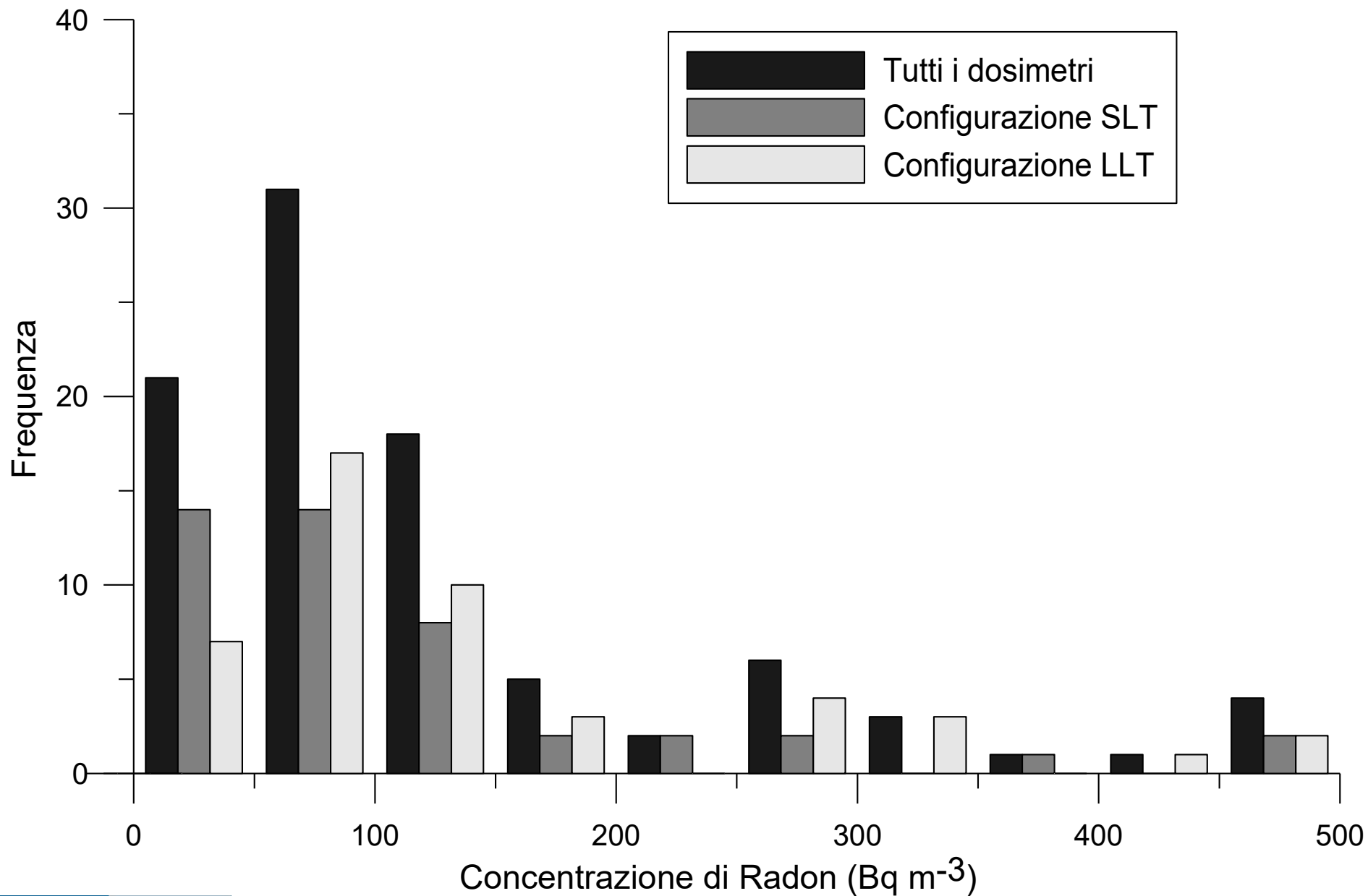
In Figura è data la ripartizione percentuale di tutte le misure: si può notare come più del 75% delle misurazioni fornisce valori di concentrazione media inferiore ai 150 Bq/m<sup>3</sup> e solo il 5% valori compresi tra 400 e 500 Bq/m<sup>3</sup>. Non si sono registrati valori superiori ai 500 Bq/m<sup>3</sup>, che è il livello di azione previsto dalla normativa.











# CONCLUSIONI

La metodica impiegata per la misura della concentrazione di gas radon in vari ambienti lavorativi, pur essendo più onerosa rispetto ai servizi commercialmente disponibili, anche per il coinvolgimento di personale e varia strumentazione, garantisce sufficiente precisione e accuratezza nelle misure.

Infatti sono valutati tutti i parametri correttivi per la determinazione della concentrazione e l'impiego di più dosimetri assicura comunque una valutazione, anche nel caso di guasti, del valore medio della concentrazione di radon.

Tuttavia, se il numero di misurazioni dovesse significativamente aumentare, per una estensione della campagna di misure ad altre sedi, sarebbe utile considerare – oltre l'impiego degli E-PERM – anche l'utilizzazione di altri dosimetri integratori, quali i dosimetri a tracce (CR-39, LR115,...), economicamente meno impegnativo.

# CONCLUSIONI

I valori delle concentrazioni annuali di radon nelle varie regioni, pur essendo generalmente superiori ai valori medi rilevati nella campagna di misura condotta alcuni anni orsono da ricercatori dell'ISS (Istituto Superiore di Sanità) e dagli enti regionali preposti [6], costituiscono comunque un insieme di dati utili per indagini e studi nel settore sia per la metodica impiegata sia in termini di confronto con altre tipologie di misurazioni.

I valori di dose efficace per gli operatori, derivati dalle suddette misurazioni, sono comunque nettamente inferiori ai limiti previsti dalla normativa per gli individui della popolazione (o per i lavoratori non esposti).

Solo in qualche caso (Roma, Torino) si è ritenuto opportuno intraprendere qualche azione di rimedio e ritornare a misurare la concentrazione.



SEMINARIO NAZIONALE  
**PROGETTARE LA SICUREZZA NEI LUOGHI DI LAVORO**  
Palermo, 9 novembre 2018

## Case Study 3

# IL RADON NEI LUOGHI DI LAVORO

# GRAZIE PER L'ATTENZIONE !!